

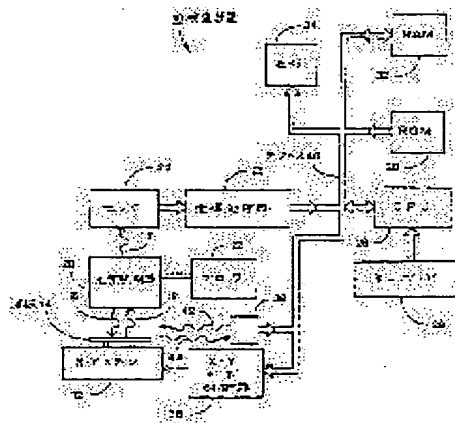
(11)Publication number : 01-250847
(43)Date of publication of application : 05.10.1989

(21)Application number : 01-039187	(71)Applicant : KLA INSTR CORP
(22)Date of filing : 18.02.1989	(72)Inventor : CHADWICK CURT H SHOLES ROBERT R GREENE JOHN D TUCKER III FRANCIS D FEIN MICHAEL E JANN P C HARVEY DAVID J BELL WILLIAM

(30)Priority

Priority number : 88 158289 Priority date : 19.02.1988 Priority country : US

CONSTITUTION: At first, the design characteristics of a pattern on the surface of a substrate 14 to be inspected are stored in an RAM 32 from a data base being used for generating the pattern or by placing the substrate 14 on an XY stage 12 and inputting the characteristics thereof through an image pickup system when the substrate 14 is moved under an illuminator 20. Some region on the surface of substrate 14 to be inspected is then illuminated substantially uniformly by means of the focused Lambert illuminator 20. Subsequently, the region on the surface of substrate 14 illuminated by the illuminator 20 with a sensor 24 is focused. Furthermore, a comparison means (CPU 26) compares the focused region of substrate 14 with desired characteristics thereof stored in an ROM 30 in response to a data stored in the RAM 32 and the sensor 24. According to the arrangement, a smaller region of a material lacking conductivity can be detected.



<http://www19.ipdl.jpo.go.jp/PA1/result/detail/main/wAAAJmaOIRDA401250847P1.h...> 03/11/18

rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平1-250847

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)10月5日

G 01 N 21/88
H 05 K 3/00

F-7517-2G
Q-6921-5E

審査請求 未請求 請求項の数 56 (全39頁)

⑮ 発明の名称 自動高速光学検査装置

⑯ 特 願 平1-39187

⑰ 出 願 平1(1989)2月18日

優先権主張 ⑱ 1988年2月19日 ⑲ 米国(US) ⑳ 158,289

㉑ 発 明 者 カート エイチ シヤ アメリカ合衆国 カリフォルニア 95032 ロス ガトス
ドウィツク ウッデッド ビュー ロード 220

㉒ 発 明 者 ロバート アール シ アメリカ合衆国 カリフォルニア 95005 ベン ロモン
ヨールズ ド ハルソン レイン 315

㉓ 出 願 人 ケイ エル エイ イ アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054 サンタ クラ
ンスツルメンツ コー ラ ミツシヨン カレッジ プーラバード 2051
ボレーシヨン

㉔ 代 理 人 弁理士 布施 行夫 外2名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

自動高速光学検査装置

2. 特許請求の範囲

(1). 基板の表面特性を検査する検査装置であって、

基板の表面の所望特性を記憶する記憶手段と、
検査しようとしている基板の表面の或る領域を
ほぼ均一に照明する合焦点準ランペルト照明手段
と、

この照明手段で照明された基板の領域を結像す
るセンサ手段と、

記憶手段およびセンサ手段にตอบสนองして基板の結
像領域を基板の記憶された所望特性と比較する比
較手段と

を包含する検査装置。

(2). 基板の表面特性を検査する検査装置
であって、

基板の表面の所望特性を記憶する記憶手段と、

検査しようとしている基板の表面の或る領域を
ほぼ均一に照明する照明手段と、

この照明手段で照明された基板の領域を結像す
るTDIセンサ手段と、

記憶手段およびセンサ手段にตอบสนองして基板の結
像領域を基板の記憶された所望特性と比較する比
較手段と

を包含する検査装置。

(3). 基板の表面特性を点検する方法で
あって、

a. 基板の表面の所望特性を記憶する段階と、

b. 点検しようとしている基板の表面の或る領
域を合焦点準ランペルト照明でほぼ均一に照明す
る段階と、

c. 照明手段で照明された基板の領域を結像す
る段階と、

d. 基板の結像領域を基板の記憶された所望特
性と比較する段階と

を包含する方法。

(4). 基板の表面特性を点検する方法で

あって、

- a. 基板の表面の所望特性を記憶する段階と、
 - b. 点検しようとしている基板の表面の或る領域をほぼ均一に照明する段階と、
 - c. 照明手段で照明された基板の領域をT D I センサ手段で結像する段階と、
 - d. 基板の結像領域を基板の記憶された所望特性と比較する段階と
- を包含する方法。

(5). 狭い線形領域に沿ってほぼ均一に合焦点照明を行なう照明装置であって、

楕円筒形の第1、第2の反射器手段であって、各々が他の反射器手段の長軸に対してほぼ平行な長軸を有し、また、各々が互いに最も接近した縁に沿って隔たっていて照明線形領域を前記照明装置を通して上から見ることが出来る経路を構成している第1、第2の反射器手段と、

各々が平らであり、互いに平行に前記第1、第2の反射器手段の各々の両端のところに装着してありかつ前記各第1、第1の反射器手段の長軸に

器手段と、

各々が第1、第2の反射器手段の対応したものに平行に装着してあって対応した反射器手段のほぼ全表面に光を送る第1、第2の線形光源手段とを包含し、照明線形領域が前記各第1、第2の反射器手段の1つの焦点に位置していることを特徴とする検査装置。

(7). 請求項6記載の検査装置において、前記第1、第2の線形光源手段の各々が高さは低いが幅は照明線形領域とほぼ同じとなっている出口端を仰えた光ファイバー束と、これら第1、第2の光ファイバー束の入口端を照明するように配置した非干渉性光源とを包含することを特徴とする検査装置。

(8). 請求項6記載の検査装置において、前記第1、第2の線形光源手段の各々が照明線形領域とほぼ同じ長さを有する光源を包含し、この光源が前記第1、第2の反射器手段のうち対応するものに対して平行になっており、各光源手段が対応する反射器手段の第1焦点のところにあり、

対してほぼ直角に位置している第3、第4の反射器手段と、

各々が第1、第2の反射器手段の対応したものに平行に装着してあって対応した反射器手段のほぼ全表面に光を送る第1、第2の線形光源手段とを包含し、照明線形領域が前記各第1、第2の反射器手段の1つの焦点に位置していることを特徴とする照明装置。

(6). 請求項2記載の検査装置において、前記照明手段が、

楕円筒形の第1、第2の反射器手段であって、各々が他の反射器手段の長軸に対してほぼ平行な長軸を有し、また、各々が互いに最も接近した縁に沿って隔たっていて照明線形領域を前記照明装置を通して上から見ることが出来る経路を構成している第1、第2の反射器手段と、

各々が平らであり、互いに平行に前記第1、第2の反射器手段の各々の両端のところに装着してありかつ前記各第1、第1の反射器手段の長軸に対してほぼ直角に位置している第3、第4の反射

照明線形領域が前記第1、第2の反射器手段の各々の第2焦点のところにるように各光源手段が装着してあることを特徴とする検査装置。

(9). 請求項8記載の検査装置において、前記照明手段が、さらに、

楕円筒形となっており、長軸が第1、第2の反射器手段の長軸に対してほぼ平行であり、前記第1、第2の反射器手段の上方で、照明線形領域を前記照明手段を通して上から見ることのできる経路から離れて装着してある第5の反射器手段と、

照明線形領域を前記照明手段を通して上から見ることのできる経路内に装着してあり、光学観察軸線に対して傾斜しており、第5反射器手段から照明線形領域に向って合焦点ビームを反射するように位置したビームスプリッタ手段と、

前記第5反射器手段に対して平行に装着してあって第5反射器手段のほぼ全表面に光を送る第3線形光源手段とを包含し、この第3線形光源手段が第5反射器手段の第1焦点のところに、照明

線形領域が第5反射器手段の第2焦点のところに位置し、第5反射器手段からのビームがビームスプリッタ手段で反射されるようにしたことを特徴とする検査装置。

(10)、請求項9記載の検査装置において、前記第1、第2の光源手段が水冷式水銀毛管アークランプであり、前記照明手段が、さらに、照明線形領域と第1、第2の光源手段および第1、第2の反射器手段の組合わせの各々との間に取り外し自在に位置させることができ、第1、第2の光源手段および第1、第2の反射器手段の組合わせから被照明線形領域に送られた光を通過する第1、第2の光学フィルタ手段と、ビームスプリッタ手段の照明線形領域から隔たった側に設置した可視光フィルタであり、そこを通して照明線形領域からの光がセンサ手段に通るときに可視光のみがセンサ手段を通るようにした第3光学フィルタ手段と、この第3光学フィルタ手段のビームスプリッタ手段から隔たった側に装着してあって照明線形領域からの光をセンサ手段上に焦点合せる

(15)、請求項14記載の検査装置において、前記スリット組立体手段がそれを基板の表面上方ほぼ均一な高さのところに浮上させる一休空気軸受手段を包含することを特徴とする検査装置。

(16)、請求項6記載の検査装置において、前記第1、第2の反射器手段が被長選択コーティングを包含し、反射しようとしている選定波長の光および他の波長の光を基板の熱負荷を減らすように伝達するようにしたことを特徴とする検査装置。

(17)、請求項2記載の検査装置において、前記照明手段が制御した方向へ移動する空気の流れとなる高体積空気流手段と、照明手段を通して前記空気を送り、基板のほぼ均一に照明された領域とセンサ手段との間の光路における照明手段内のシュリーレン効果を最小限に抑える導管手段とを包含することを特徴とする検査装置。

(18)、請求項1記載の検査装置において、前記照明手段が、

レンズ手段とを包含することを特徴とする検査装置。

(11)、請求項6記載の検査装置において、前記第1、第2の光源手段の各々が照明線形領域とほぼ同じ長さの細長いランプと、このランプを取り囲んでいる透明ジャケット手段とを包含することを特徴とする検査装置。

(12)、請求項11記載の検査装置において、前記透明ジャケット手段がランプの放射する光を通過するように光学的に被覆してあることを特徴とする検査装置。

(13)、請求項11項記載の検査装置において、前記透明ジャケット手段が前記ランプのまわりに室を形成していてランプの冷却用水の導管としていることを特徴とする検査装置。

(14)、請求項2記載の検査装置において、前記照明手段が前記照明線形領域のすぐ上に配置してあって基板の、結像領域以外の領域から反射されてきた光の量を低減するスリット組立体手段を包含することを特徴とする検査装置。

楕円円筒形の第1、第2の反射器手段であって、各々が他の反射器手段の長軸に対してほぼ平行な長軸を有し、また、各々が互いに最も接近した縁に沿って隔たっていて照明線形領域を前記照明装置を通して上から見ることができると構成している第1、第2の反射器手段と、

各々が平らであり、互いに平行に前記第1、第2の反射器手段の各々の両端のところに装着してありかつ前記各第1、第1の反射器手段の長軸に対してほぼ直角に位置している第3、第4の反射器手段と、

各々が第1、第2の反射器手段の対応したものに平行に装着してあって対応した反射器手段のほぼ全表面に光を送る第1、第2の線形光源手段であって、照明線形領域が前記各第1、第2の反射器手段の1つの焦点に位置するようにし、各々が照明線形領域とほぼ同じ長さを有する光源を包含し、この光源が前記第1、第2の反射器手段のうち対応するものに対して平行になっており、各光源手段が対応する反射器手段の第1焦点のところに

にあり、照明線形領域が前記第1、第2の反射器手段の各々の第2焦点のところにるように各光源手段が装着してある第1、第2の線形光源手段と、

楕円筒筒形となっており、長軸が第1、第2の反射器手段の長軸に対してほぼ平行であり、前記第1、第2の反射器手段の上方で、照明線形領域を前記照明手段を通して上から見ることのできる経路から離れて装着してある第5の反射器手段と、

照明線形領域を前記照明手段を通して上から見ることのできる経路内に装着してあり、光学観察軸線に対して傾斜しており、第5反射器手段から照明線形領域に向って合焦点ビームを反射するように位置したビームスプリッタ手段と、

前記第5反射器手段に対して平行に装着してあって第5反射器手段のほぼ全表面に光を送る第3線形光源手段とを包含し、

この第3線形光源手段が第5反射器手段の第1焦点のところに、照明線形領域が第5反射器手

する検査装置。

(20)、請求項18記載の検査装置において、前記第1、第2の光源手段の各々が照明線形領域とほぼ同じ長さの細長いランプと、このランプを取り囲んでいる透明ジャケット手段とを包含することを特徴とする検査装置。

(21)、請求項20記載の検査装置において、前記透明ジャケット手段がランプの放射する光を透過するように光学的に被覆してあることを特徴とする検査装置。

(22)、請求項20項記載の検査装置において、前記透明ジャケット手段が前記ランプのまわりに室を形成していてランプの冷却水用の導管としていることを特徴とする検査装置。

(23)、請求項1記載の検査装置において、前記照明手段が前記照明線形領域のすぐ上に配置してあって基板の、結像領域以外の領域から反射されてきた光の量を低減するスリット組立体手段を包含することを特徴とする検査装置。

(24)、請求項23記載の検査装置におい

段の第2焦点のところに位置し、第5反射器手段からのビームがビームスプリッタ手段で反射されるようにしたことを特徴とする検査装置。

(19)、請求項18記載の検査装置において、前記第1、第2の光源手段が水冷式水銅毛管アーク・ランプであり、前記照明手段が、さらに、照明線形領域と第1、第2の光源手段および第1、第2の反射器手段の組合わせの各々との間に取り外し自在に位置させることができ、第1、第2の光源手段および第1、第2の反射器手段の組合わせから被照明線形領域に送られた光を透過する第1、第2の光学フィルタ手段と、ビームスプリッタ手段の照明線形領域から隔たった側に設置した可視光フィルタであり、そこを通して照明線形領域からの光がセンサ手段に通るときに可視光のみがセンサ手段を通るようにした第3光学フィルタ手段と、この第3光学フィルタ手段のビームスプリッタ手段から隔たった側に装着してあって照明線形領域からの光をセンサ手段上に焦点合せするレンズ手段とを包含することを特徴と

て、前記スリット組立体手段がそれを基板の表面上にほぼ均一な高さのところに浮上させる一体空気軸受手段を包含することを特徴とする検査装置。

(25)、請求項18記載の検査装置において、前記第1、第2の反射器手段が波長選択コーティングを包含し、反射しようとしている選定波長の光および他の波長の光を基板の熱負荷を減らすように伝達するようにしたことを特徴とする検査装置。

(26)、請求項1記載の検査装置において、前記照明手段が傾倒した方向へ移動する空気の流れとなる高体積空気源手段と、照明手段を通して前記空気を送り、基板のほぼ均一に照明された領域とセンサ手段との間の光路における照明手段内のシュリーレン効果を最小限に抑える導管手段とを包含することを特徴とする検査装置。

(27)、請求項5記載の検査装置において、前記第1、第2の線形光源手段の各々が高さは低いが幅は照明線形領域とほぼ同じとなっている出

口端を仰えた光ファイバー束と、これら第1、第2の光ファイバー束の入口端を照明するように配置した非干渉性光源とを包含することを特徴とする検査装置。

(28)、請求項5記載の照明装置において、前記第1、第2の線形光源手段の各々が照明線形領域とほぼ同じ長さを有する光源を包含し、この光源が前記第1、第2の反射器手段のうち対応するものに対して平行になっており、各光源手段が対応する反射器手段の第1焦点のところにあり、照明線形領域が前記第1、第2の反射器手段の各々の第2焦点のところにあり、各光源手段が装着一してあることを特徴とする照明装置。

(29)、請求項28記載の照明装置において、さらに、

楕円円筒形となっており、長軸が第1、第2の反射器手段の長軸に対してほぼ平行であり、前記第1、第2の反射器手段の上方で、照明線形領域を前記照明手段を通して上から見ることのできる経路から離れて装着一してある第5の反射器手段

び第1、第2の反射器手段の組合わせから被照明線形領域に送られた光を透過する第1、第2の光学フィルタ手段と、ビームスプリッタ手段の照明線形領域から隔たった側に設置した可視光フィルタであり、そこを通して照明線形領域からの光がセンサ手段に通るときに可視光のみがセンサ手段を通るようにした第3光学フィルタ手段と、この第3光学フィルタ手段のビームスプリッタ手段から隔たった側に装着一してあって照明線形領域からの光をセンサ手段上に焦点合せするレンズ手段とを包含することを特徴とする照明装置。

(31)、請求項5記載の照明装置において、前記第1、第2の光源手段の各々が照明線形領域とほぼ同じ長さの細長いランプと、このランプを取り囲んでいる透明ジャケット手段とを包含することを特徴とする照明装置。

(32)、請求項31記載の照明装置において、前記透明ジャケット手段がランプの放射する光を透過するように光学的に被覆してあることを特徴とする照明装置。

と、

照明線形領域を前記照明手段を通して上から見ることのできる経路内に装着一してあり、光学観察軸線に対して傾斜しており、第5反射器手段から照明線形領域に向って合焦点ビームを反射するように位置したビームスプリッタ手段と、

前記第5反射器手段に対して平行に装着一してあって第5反射器手段のほぼ全表面に光を送る第3線形光源手段とを包含し、この第3線形光源手段が第5反射器手段の第1焦点のところに、照明線形領域が第5反射器手段の第2焦点のところに位置し、第5反射器手段からのビームがビームスプリッタ手段で反射されるようにしたことを特徴とする照明装置。

(30)、請求項29記載の照明装置において、前記第1、第2の光源手段が水冷式水銀毛管アーク・ランプであり、さらに、照明線形領域と第1、第2の光源手段および第1、第2の反射器手段の組合わせの各々との間に取り外し自在に位置させることができ、第1、第2の光源手段およ

(33)、請求項31項記載の照明装置において、前記透明ジャケット手段が前記ランプのまわりに室を形成していてランプの冷却水用の導管としていることを特徴とする照明装置。

(34)、請求項5記載の照明装置において、さらに、前記照明線形領域のすぐ上に配置してあって基板の、結像領域以外の領域から反射されてきた光の量を低減するスリット組立体手段を包含することを特徴とする照明装置。

(35)、請求項34記載の照明装置において、前記スリット組立体手段がそれを基板の表面上方ほぼ均一な高さのところに浮上させる一体空気軸受手段を包含することを特徴とする照明装置。

(36)、請求項5記載の照明装置において、前記第1、第2の反射器手段が被長選択コーティングを包含し、反射しようとしている選定波長の光および他の波長の光を基板の熱負荷を減らすように伝達するようにしたことを特徴とする照明装置。

(37) . 請求項5記載の照明装置において、前記照明手段が制御した方向へ移動する空気の流れとなる高体積空気源手段と、照明手段を通して前記空気を送り、基板のほぼ均一に照明された領域とセンサ手段との間の光路における照明手段内のシュリーレン効果を最小限に抑える導管手段とを包含することを特徴とする照明装置。

(38) . 請求項14記載の検査装置において、さらに、前記センサ手段を装着する固定取り付け面と、前記センサ手段のすぐ下で前記固定取り付け面に前記照明手段を取り付けるための第1取り付け手段とを包含し、この第1取り付け手段が検査しようとしている基板の表面に対して垂直な方向へのみ前記照明手段を移動させ得るように配置してあって照明手段と基板表面との間の距離を比較的一定に保つようになっており、またさらに、前記照明手段のすぐ下で前記固定取り付け面に前記スリット組立体手段を装着するための第2取り付け手段を包含し、この第2取り付け手段が検査しようとしている基板の表面に対して垂直

とを特徴とする検査装置。

(40) . 請求項4記載の方法において、段階bが

e . 基板表面上方にそれにごく接近して配置してある幅の狭いスリットを通して基板表面上の或る領域を照明する段階を包含することを特徴とする方法。

(41) . 請求項4記載の方法において、さらに、

f . 照明領域を通して空気流を送って段階cでのシュリーレン効果を最小限に抑える段階を包含することを特徴とする方法。

(42) . 請求項4記載の方法において、さらに、

g . 検査しようとしている表面に対して垂直方向へ照明手段を移動させてそれらの間の間隔を比較的一定に保ち、段階cにおいて表面を合焦点状態に維持する段階

を包含することを特徴とする方法。

(43) . 請求項4記載の方法であって、基板

方向にのみ前記スリット組立体手段を移動させ得るように配置してあってスリット組立体手段と基板表面との距離を比較的一定に保つようにしたことを特徴とする検査装置。

(39) . 請求項23記載の検査装置において、さらに、前記センサ手段を装着する固定取り付け面と、前記センサ手段のすぐ下で前記固定取り付け面に前記照明手段を取り付けるための第1取り付け手段とを包含し、この第1取り付け手段が検査しようとしている基板の表面に対して垂直な方向へのみ前記照明手段を移動させ得るように配置してあって照明手段と基板表面との間の距離を比較的一定に保つようになっており、またさらに、前記照明手段のすぐ下で前記固定取り付け面に前記スリット組立体手段を装着するための第2取り付け手段を包含し、この第2取り付け手段が検査しようとしている基板の表面に対して垂直方向にのみ前記スリット組立体手段を移動させ得るように配置してあってスリット組立体手段と基板表面との距離を比較的一定に保つようにしたこ

の蛍光検査を行なうための方法において、段階bが

h . 基板の表面を短波長の被干渉性光で照明する段階と、

i . 段階hの光よりも長い波長の光で基板の表面を結像する段階とを包含することを特徴とする方法。

(44) . 請求項4記載の方法であって、基板の検査を蛍光検査と準ランベルト照明の組合わせで行なう方法において、さらに、

i . 短波長被干渉性光である段階bの照明で段階a～dを実施し、基板の照明光よりも長い波長の光で基板の結像を行なう段階と、

j . 準ランベルト照明である段階bの照明で段階a～dを実施する段階とを包含することを特徴とする方法。

(45) . 請求項3記載の方法において、段階bが

e . 基板表面の上方にごく接近して配置した幅の狭いスリットを通して基板表面上の或る領域を

照明する段階

を包含することを特徴とする方法。

(46)、請求項3記載の方法において、さらに、

f. 照明領域を通して空気流を送って段階cでのシュリーレン効果を最小限に押さえる段階を包含することを特徴とする方法。

(47)、請求項3記載の方法において、さらに、

g. 検査しようとしている表面に対して垂直方向へ照明手段を移動させてそれらの間の間隔を比較的一定に保ち、段階cにおいて表面を合焦点状態に維持する段階

を包含することを特徴とする方法。

(48)、請求項3記載の方法であって、基板の蛍光検査を行なうための方法において、段階bが

h. 基板の表面を短波長の被干渉性光で照明する段階と、

i. 段階hの光よりも長い波長の光で基板の表

面を照明する段階として知られる第1方向における少なくとも2列の感光領域と、多重ディメンションとして知られる第2方向における少なくとも1行の感光領域とを有することを特徴とする検査装置。

(53)、請求項52記載の検査装置において、前記TDIセンサ手段が多重方向において均等な間隔で設けた少なくとも1つのタップを包含することを特徴とする検査装置。

(54)、請求項2記載の検査装置において、前記TDIセンサ手段が二次元電荷結合デバイス感光アレイであることを特徴とする検査装置。

(55)、請求項2記載の検査装置において、前記TDIセンサ手段がTDIディメンションとして知られる第1方向における少なくとも2列の感光領域と、多重ディメンションとして知られる第2方向における少なくとも1行の感光領域とを有することを特徴とする検査装置。

(56)、請求項55記載の検査装置において、前記TDIセンサ手段が多重方向において均等な間隔で設けた少なくとも1つのタップを包含

面を結像する段階と

を包含することを特徴とする方法。

(49)、請求項3記載の方法であって、基板の検査を蛍光検査と準ランベルト照明の組合わせで行なう方法において、さらに、

i. 短波長被干渉性光である段階bの照明で段階a~dを実施し、基板の照明光よりも長い波長の光で基板の結像を行なう段階と、

j. 準ランベルト照明である段階bの照明で段階a~dを実施する段階と

を包含することを特徴とする方法。

(50)、請求項1記載の検査装置において、前記センサ手段がTDIセンサ手段であることを特徴とする検査装置。

(51)、請求項50記載の検査装置において、前記TDIセンサ手段が二次元電荷結合デバイス感光アレイであることを特徴とする検査装置。

(52)、請求項50記載の検査装置において、前記TDIセンサ手段がTDIディメンシ

ョンであることを特徴とする検査装置。

3. 発明の詳細な説明

発明の背景

本願はLarry M. Rosenberg, Alexander BrundyおよびCurt H. Chadwickの名前で出願され、本願と同じ譲り受け人に譲渡された、「Stable Instrument Bench With Replicated Precision Surface」という名称の別の特許出願に関係する。

本発明はプリント配線板等のような表面の自動検査に関し、一層詳しくは、検出器としてTDIセンサを用いている表面の自動高速検査に関する。

プリント配線板(pwb)は、非導電性基板(FR-4エポキシ・ガラス繊維複合材のような材料で作ってある)上に存在する或るパターンの導電体(1.4ミル厚銅のような材料で作ってある)を包含する。プリント配線板の製作時、導電性材料の頂面を意図的に粗面加工して、導電体へのフォトレジストの接合を助けることが多い。粗面加工方法には、機械的研磨法、化学的エッチン

グ法、電気メッキによる模様付き表面層の付与（たとえば、いわゆる「二重処理銅」で行なわれる）がある。それぞれの粗面加工法はそれぞれ独特の表面組織を生じさせる。

したがって、プリント配線板の光学検査用の機械の設計では、①種々の表面組織を効果的に処理できるようにすることが必要であり、また、②でできるだけ用途上の融通性を与えるために、導電体が滑らかな表面を有するプリント配線板を正しく検査できるようにすることも望ましい。

検査のために不透明な光学面を照明する最も普及した簡単な方法では、被検査面を観察するのに用いるのと同じレンズを通して照明を行ない、また、そのレンズで表面から反射あるいは散乱してきた光を集めている。この方法は明視野垂直照明として広く知られており、簡単には、明視野照明と呼ばれている。

第2図は、プリント配線板を検査するのに明視野照明を用いるときに特有の問題を示している。銅製導電体8（断面で示す）は絶縁基板9上にあ

る。導電体8の頂面は粗い状態で示してある（ここでは、説明のために粗さ程度はかなり誇張してある）。照明はレンズ11を通して行なわれ、このレンズは表面から反射あるいは散乱してきた光を観察するのに用いられる。

今ここで、導電体表面上の或る特定の点13を検査するときのこのシステムの動作を考える。点13は、説明の便宜上、水平面からかなり傾斜した小さな領域内にあるものとして選んだ。照明光線1、2はレンズ11の周縁から点13に到達する。点13に達する他のすべての光線は光線1、2間の角度で到達する。点13のところの表面の傾斜は、光線1が反射して光線3となり、光線2が反射して光線4となり、これらの光線3、4が共にレンズ11の開口部の外側に位置するように決めてある。他のすべての照明光線は光線3、4の間のどこかに反射することになる。すなわち、照明光がレンズ11に向かって反射することがないということである。レンズ11の上方に設置してあって戻ってくる光線を観察するように

なっている任意の光学的センサは点13を照点として見る。これは点13を出た光がいずれもレンズを通らないからである。

ここで説明している一般的な観点は、粗面を明視野垂直照明で観察したときにその表面の急傾斜部分が暗く見えがちであり、表面の全体的な様相が変化の大きいまだらとなるということにある。

光学検査機械にとっては、銅領域と絶縁材領域を区別できることが必要である。これは、しばしば、導電性領域が少なくとも選定した波長では絶縁領域よりも反射性が高いという事実の利点を採用することによって行なわれる。電子ロジックが用いられており、これは暗領域を絶縁性と識別し、明領域を導電性と識別する。照明光学系が導電性領域をまだらに見せる場合には、導電性領域の或る部分が絶縁性と誤って識別されることになる。

この問題についての公知の解決策は、比較的大きな領域にわたって観察した反射率値を平均し、粗面・模様付き銅の場合でも、平均反射率が基板

材料の平均反射率よりも高いことが多いという事実の利点を採用することである。しかしながら、この方法は平均化する領域よりも小さいサイズの実際に銅の欠けている欠陥を検出するには実用的でないという欠点を有する。

従来方法での照明系の開口数（NA）、すなわち、 $NA = \sin(\theta)$ を定義した場合（ここで、 θ は表面に直角な光線と極端な照明光線との角度である）、照明のNAは少なくとも約0.7NAでなければならず、0.8NAより大きいと好ましい。さらに、照明はあらゆる入射角にわたって一定の強さ（ワット/ステラジアン/cm²）でなければならない（すなわち、準ランベルト）。

本発明の功績は、粗面・模様付き表面の見掛けのまだら模様を光学的に減らすことによって、表面粗さの平均化を避けることを可能にし、その結果、導電性を欠いた材料のより小さな領域を検出するのを可能としたことにある。

場合によっては0.9を超えることもある開口

数まで広範囲の角度でも合焦点照明を行なうことは新規ではない。たとえば、高NA対物レンズを用いる高倍率顕微鏡で用いられる明視野垂直照明でこのような照明が行なわれる。このような顕微鏡の最良のものでは、0.95のオーダーの照明NAを得ている。しかしながら、このような顕微鏡での照明の強度は入射角と無関係ではない。大きな角度では強い湾曲のレンズ要素の透過率が低下するので、このような対物レンズで行なう照明は直角から離れた角度になるにつれてかなり弱くなる。

したがって、本発明は準ランベルト合焦点照明を行なうという事実によって区別される。

発明の概要

本発明の好ましい実施例によれば、基板検査装置および方法と照明装置とが得られる。この検査装置および方法は基板の表面の所望の特徴を記憶する記憶装置と、検査しようとしている基板の表面の或る領域をほぼ均一に照明するための合焦点照明器とを包含する。さらに、照明器によって照

明される基板領域を結像するセンサと、記憶装置およびセンサに応答して基板の結像領域を基板の記憶された所望特徴と比較する比較器とが設けられている。

照明装置は幅の狭い線形領域に沿ってほぼ均一な合焦点照明を行なうようになっている。この照明装置は楕円円筒形の第1、第2、第3の反射器を包含し、各反射器の長軸が他の反射器の長軸とほぼ平行になっている。第4、第5の反射器も設けてあり、それぞれが平らであり、互いに平行にかつ前記第1、第2、第3の反射器の各々の両端に装着してあり、また、第1、第2、第3の線形光源がそれぞれ前記第1、第2、第3の反射器の対応するものに対して平行に装着してあり、各線形光源が対応する反射器の第1焦点のところにありかつ照明された線形領域が第1、第2、第3の各反射器の第2焦点のところにるように装着してある。

実施例

システム概観

第1図には、本発明の検査装置10の全体的なブロック図が示してある。この検査装置10におけるテスト法は、基本的には、検査しようとしている表面と或る選定した良好な基板の表面とを比較することである。本発明においては、テストしている基板の表面パターンを既知の良好な基板上の観察パターンとの直接の比較というよりもむしろ、既知の良好な基板上のパターンの基本的な特性を記憶装置に記憶しておき、検査しようとしている基板の観察した特性を予め記憶しておいた特性と比較するのである。ここに開示した検査装置の意図した用途はウェファ、マスク、プリント配線板、光学工具等の検査である。

本発明の実施例における検査装置10はCPU26を有するコンピュータ制御システムであり、このCPUはデータバス40を経てシステムの他の種々の構成要素と連絡している。データバス40に接続した検査装置中の他の構成要素としては、ROM30、RAM32、モニタ34、XYサーボ制御器36、位置センサ38および画

像処理装置25がある。検査装置に使用者が働きかけることができるようにキーボード28が設けてあり、基板14の検査を開始し、手動で制御できるようにになっている。さらに、基板14の現在観察されつつある領域を使用者に視覚を通じてフィードバックさせるためにモニタ34が設けてある。RAM32、ROM30はCPU制御システムにおける通常の機能を行なうために設けてある。XYサーボ制御器36はXYステージ12に機械的に連結してあって基板14をCPU26の制御の下に所望位置まで移動させる。位置センサ38はステージ12のX位置とY位置を決定するための線形スケールである。基板14のすぐ上には光学照明器20が装着してあり、これは基板14の表面を光線16で照明するものであり、また、この照明器を通じて基板の表面を光線18、18'を介してセンサ24で観察されるようになっている。センサ24は、基板14の表面の観察像を画像処理装置25に送られる電気信号に変換する。画像処理装置25は、セ

ンサ24からの信号を処理して検出された像を増幅すると共に、データを再構築してそれを圧縮し、RAM32で受け取ったデータを格納するに必要な記憶量を最小限に抑える。

作動にあたって、使用者は、まず、検査しようとしている基板14の表面上のパターンのデザイン特性をRAM32に記憶させる。これらの特性は位置、特性、連続性の情報を含んでいる。これは2つの方法、たとえば、パターンを発生させるのに用いられるデータベースから、あるいは、XYステージ12上に「真金板」基板14を置き、照明器20の下を移動させたときに影像捕捉システムでその特性を自動的に入力することによって行なわれ得る。「真金板」というのは、或る装置を、良好であると知られている別の装置と比較することによってテストする場合あるいは欠陥が発見され、データを補正する場合のテスト分野で用いられる技術用語である。

選んだ影像センサ、たとえば、T D Iセンサとの組合わせて以下に述べる種々の照明技術を使用

るいは除去すられ、表面の或る特定の領域の局部的な傾斜があるところではどこでも、観察用レンズに反射させようとしている適切な角度で利用できる照明光線が常に存在するということを証明することにある。

表面の或る部分が傾斜している可能性のある各角度について、或る特定のグループの照明光線がその表面から観察用レンズに反射させられることになる。種々の角度で傾斜した表面がセンサにとって均等に明るいと判断できるようにするために、種々のグループの光線がすべて同じ強度であることが重要である。処理しようとしている表面上に位置し、光を見ている仮想観察者を想定すれば、光が均等な強度であらゆる方向から到達すること、すなわち、観察者が均一な輝度の天井の下に位置していることは明らかである。

ランペルト拡散面、たとえば、乳白色ガラス片が観察者のすぐ上に位置しており、また、空間的に均一な照明光がこの表面を貫いて送られてくる場合、上記の照明条件が関係してくる。ランペル

することによって、プリント配線板のような基板の表面は、毎秒25インチ(63.5センチメートル)の速度で基板を照明器の下の直線路に沿って移動させながら検査することができる。

光学照明器

本発明の基本的な実施例の1つは、検査しようとしている加工片上方にできるかぎり均一な照明野を与え、まだら模様の影響を最大限に抑えることのできる照明装置である。

本発明の光学照明器20は第2図の照明光線5を考察することによって理解して貰えよう。この光線はレンズ11の開口の外側から、或る角度で照明システム(図示せず)によって与えられる。光線5は点13のところで傾斜面によって反射されて光線6となり、この光線はレンズ11に入射する。この光線は、センサ上に結像したとき、点13まわりの表面領域を明領域とするように作用する。第2図についての説明で例示する理由付けは、粗面のまだら模様が、大きな角度で照明光線を与えることによってかなり減少するかあ

ト面は等しい光学的なパワー密度を等しい立体角で照射するものであり、任意の方向から表面を見ている観察者は同じ明るさを見ることになる。加工片上に位置する仮想観察者は乳白色ガラス天井を見上げており、その見ている方向がどの方向であろうと、この観察者は彼が見ている点のところで乳白色ガラスの頂面に当たる光の強度に比例する強度の光を見ることになる。したがって、乳白色ガラスの頂面に入射する光の空間的な均一性は観察領域で見られる光の角度の均一性となろう。

このような照明器は、乳白色ガラスが対象物の観察を妨げるという理由のためだけで使用できない。本発明の照明器は理想的なランペルト照明器を有用な程度まで近づける実用的な照明器である。これは準ランペルト照明器と呼ぶことができる。

まだら模様をまったく抑制できないいくつかの粗面形態がある。これは第3図を考察することによって理解できる。導電体8の表面上の点205は天井照明に接近し難いほど水平面からか

なり傾斜している。光線201、202は点205からレンズ11の境界面まで延びている。光線203、204は反射して光線201、202となるように与えた照明光線である。これらの光線は導電体8の内部から来るものであるか（これは不可能である）、あるいは、導電体表面上の他の点からの反射した後点205に到達したものであるはずである。表面材料の反射率が不完全であるから、点205のように間接照明点は天井によって直接照明される点よりも暗く見えることになる。

まだら模様を完全に抑制することが理論的にできないということにもからわず、本発明者等は、加工片上方の天井照明を均一にすればするほど、より効果的にまだら模様を抑制できることを経験的に観察した。まだら模様抑制を最適に行なった場合、暗い銅領域を絶縁材と誤識別することによる失敗なしに導電体パターンにあり得る最小の欠陥も見出せるように検査アルゴリズムを調節することができる。

これを行なわなかった場合、たとえば、北方向で法線から40度傾斜した小さい表面領域は東方向に傾斜した基板表面領域から異なった見掛け上の輝度を持つことになる。

実験から得た一般法則は、天井のあらゆる部分ができるかぎり最大の程度まで均一に光で満たされていて粗面の見掛け上のまだら模様を最小限に抑えなければならないということである。

準ランベルト照明には、まだら模様の低減という利点に加えて、光学検査システムで導電線の底縁を見る能力を改善できるという利点がある。

第2図を参照して、ここでは、導電線の縁7が垂直面に対して成る角度で傾斜していて、導電線の幅が頂面よりも底面で大きくなっているということに注目されたい。普通の検査要件は、底のところで隣り合った導電体間のギャップを決定することにある。なぜならば、底のところで最も接近距離が小さくなり、導電体が短絡する可能性が大きいからである。明視野照明は、普通は、7のような縁を暗く見せ、縁7が観察用レンズに明視野

準ランベルト照明器を用いた実験で収集したデータに基づいて、第4図のヒストグラムは銅で覆われた対象物（プリント配線板から切り出した小片サンプル）の領域に対する照度強度の分布と、絶縁FR4基板が露出した領域に対する別の分布状態とを示している。本発明者等は、照明の開口数を変えながら、銅ピークの幅をその平均値の開口数として観察した。この開口数は第5図にプロットしてある。

ここで明らかのように、開口数が実験の限界まで大きくなるにつれてピークは狭くなる。これらのデータは、銅粗面の見掛け上のまだら模様を最小限に抑えるという観点から、可能性のある最高の照明開口数を持ち、開口数が少なくとも0.7NAを超え、好ましくは0.8NAを超えることが望ましいことを示している。

また、第2図、第3図が或る特定の横断面において照明が均一であるように示してある横断面を示しているが、対象物まわりのあらゆる方向で均一性を持つことが望ましいことも了解されたい。

光線を反射しないために基板材料と区別できなくなる。したがって、導電体の頂面しか見えないので頂面のところで導電体の幅を測定させるという傾向が明視野照明にはある。プリント配線板上に見える種々の縁輪郭の多くにとって、導電体縁を見えるようにする光線を与え、導電体の幅および間隔を導電体輪郭の底で測定できるようにするという点で準ランベルト照明の使用が役立つことは理解できよう。照明器に対する一般的な要件は、光学的視野における光の強さがTDIセンサの長さ（Y方向）に沿ってほぼ均一であるということにある。しかしながら、X方向では、すなわち、ステージの移動方向（TDIセンサの長軸に対して直角）では均一である必要はない。これはその方向でのTDIセンサの積分能力による。この積分能力により、センサの視野を横切って積分された全エネルギーが視野の全長にわたって均一であるかぎり、X方向において光が任意の強度分布を持つことができる。これにより、TDIセンサのための照明器は四方の軸線に沿ってほぼ一定の光を

必要とする従来の面積型センサよりも容易に製作することができる。この積分能力はセンサの表面に積って塵埃を落とす塵埃粒子に対する許容度を高めることにもなる。その影響はTDIセンサによって簡単に積分、排除される。

a. 合焦点準ランベルト照明

たいていの拡散型照明の欠点、特に、準ランベルト型照明のたいていの結像実行の際の欠点は光の無駄が多いという点にある。

高速光学校査機械の設計では、システム性能は利用できる光の量によって制限されることが多い。もし大量の光を犠牲にして準ランベルト照明を行なう場合、機械の速度を落して最適な信号対ノイズの比を維持する必要があるかも知れない。

本発明の本質的な特徴は、少なくとも1つの軸線に焦点合せ要素を設置し、非観察領域を照明するという光の無駄を最小限に抑えながらセンサによって観察しようとしている限られた領域内で準ランベルト照明を行なうということにある。

また、準ランベルト照明を制限するように照明

ば、最も効率的な照明光学系があるとしてそれは免せられた光のすべてを10平方インチの面積に送ることになるが、実際に入手できている照明器は10平方インチより大きい面積に光を広げてしまうことになる。したがって、或る準ランベルト型照明器の設計で効率を最大にしても、光量は照明しようとしている面積に等しいかあるいはそれよりも小さい寸法としなければならないと結論できる。

効率的な準ランベルト型照明器の設計における第2の要件は、少なくとも1つの軸線に焦点合せ手段を設け、光源から自然に発散する光線が照明しようとしている対象物に向けて再収束するようにしなければならないということである。

第3の要件は、照明器に設けられたいかなる焦点合せ要素と非焦点合せ要素の組み合わせも対象物上方の天井が1横断面からばかりでなくあらゆる角度からほぼ均一に見えることを確保できるものでなければならないということである。この原理の或る応用例を合焦点準ランベルト型照明器の特

制御用スリットを設けることによってノイズを抑えるばかりでなく信号を強めることによって信号・ノイズ比をさらに軽減することができることも明らかであろう。これは本発明の第2の利点である。

さらに、後に明らかにするように、ほぼ線形の検出器アレイと共に作動するように設計した本発明の特別の実施例では非常に長い視野にわたって効果的な合焦点高NA照明を達成できる。

本発明の基本は合焦点準ランベルト照明の提供にあるが、本発明の検査システムの有用性を最適化するように設計に組み込むべき付加的な設計原理もある。本発明の光学照明器20の設計では、観察用レンズは0.06のNAを持ち、照明NAは約0.9である。

周知のように、熱力学第2法則に則って、照明光学系は発光源よりも大きい見掛け上の輝度を得ることはできない。実際面では、このことは、或る系で用いられる光源が10平方インチ(64.5平方センチメートル)の表面積を持つとすれ

別の白熱ランプについて以下に説明する。

本発明の照明器では、焦点合せ用光学要素は楕円形の円筒であり、これらは1つの平面においてのみ収束を行なう(第6図のミラー901、902、903参照)。平らな端ミラー1102、1103(第7図)がランプ・フィラメント907a、908a、909a)に対して直角にかつミラー901、902、903の楕円形円筒の軸線に対して直角に設けてあり、これらの端ミラーは楕円体の多重反射を行ない、ランプは非常に長いランプと均等となり、プリント配線板ターゲットから見たときに楕円形の反射器となる。したがって、端ミラー(1102、1103)と円筒形の焦点合せ用ミラー(901、902、903)の組み合わせは対象物であらゆる方向において均一な天井が見えるという効果を奏する。

表面検査のための合焦点準ランベルト型照明器の設計において、設計原理は加工片から照明光を発するフィラメントに戻る光線を追跡することに

ある。システム製作公差を考慮して、このような光線がすべてフィラメントの占有する領域に均等に入射し、表面反射によって光線の要る正味損失が20%を超えず、好ましくは、10%を超えないようにしなければならない。

本発明の照明器においては予想もしなかったことであるが、ほぼ線形の光源に対して効率の良い光学結合を行なうことによって非常に大きい線形視野にわたって効率の良い合焦点高NA照明を得ることができる。また、本発明の照明器が阿軸線においてほぼ均一な高NA照明を行ない、照明光が影像センサ上に像を形成するのに用いるのと同じレンズを通す必要なしに少なくとも1つの軸線に合焦点することも予想しなかったことである。これは最適な設計を可能とし、センサ・レンズのコストを低減する。

るものとして示してある。光線605はガラス繊維基板に入射し、基板材料を貫いて無作為に拡散し、被観察領域602内の一点で出射する。ここで、この光線は出射点での基板の見掛け上の明るさに貢献する。光線606は被観察領域602の外側の一点で基板に入射し、被観察領域に拡散してから出射する。したがって、光線606も被観察領域602において基板の見掛け上の明るさに貢献する。

ガラス繊維型基板上の銅製導電体のパターンを観察する通常モードは銅の見掛け上の明るさがガラス繊維基板の見掛け上の明るさを超えるという事実に依存する。今、照明光の開口数を高めることについての、銅/ガラス繊維コントラストに対する影響を考える。NAが低いとき、銅の、ほぼ水平であると思われる成る領域は明るく見えることになる。水平面から傾斜した領域は暗く見えることになる。したがって、銅の反射率のヒストグラムは、第9図の条件1でわかるように、広がったものとなる。

b. 信号対ノイズ比を改善する取り外し自在のスリット

開口数が非常に高い照明を行なってプリント配線板を検査する場合、驚くべき現象が生じる。これは高角度照明を用いようとしている場合には克服しなければならない。この現象は第8図、第9図に示してある。

スリット組立体607が存在しないものとして第8図を参照すると、合焦点準ランペルト照明システムは多くの角度で光線を与える。照明光は光学センサで観察される領域602に入射し、また、照明器の不完全さのために、領域602の外側の領域にも入射する。光の無駄を防ぐために余分な照明面積はできるだけ小さくしなければならないが、すべての光を領域602内に入射させるのは不可能である。

光線604、605、606はシステム内に存在する多くの光線の例として選んである。光線604は導電体603の一部に入射し、この導電体の影像を形成するように作用する角度で反射す

この同じ低NA照明条件の下で、ガラス繊維基板に入射する光線の大部分は光学系から逃げる角度で出射することになる。これらの光線のうちの無作為なサンプルは、拡散後に、観察され得るような位置および角度で出射することになる。基板内を移動しているときにすべての光線が多重反射するために、光の強さは全体的に無作為となり、基板の全体的な明るさはむしろ均一に見えることになる。拡散光の少なくとも半分が基板の被観察側よりもむしろ背面側に向って無作為に通過するために、そして、若干の光線が基板材料から出射することなく吸収されるために、基板は全体的に銅よりも暗く見える。基板の均質性および暗さは、第9図の条件1では、基板材料に対応するヒストグラム・ピークの狭さおよび小さい平均輝度として現われる。次に照明システムの開口数が大きくなると状況がどう変わるかを考察する。最初から明るかった銅領域は、ほぼ水平な領域に入射した付加的な高角度光線が光学系の外に反射するために、明るさに大きな変化はない。最初から

暗かった銅領域は先に説明したように明るさを高める傾向にある。これの正味の効果は、まだら模様を減らすことであるが、銅領域から見たピーク輝度のレベルを大きく高めることはない。条件2のヒストグラムについての効果は、銅ピークは狭くなるが、輝度軸線上で右にさらに移行することはない。

拡散性基板材料への影響は異なる。基板の拡散作用のために、材料に入射した光線は光学系で観察されるような角度でのほぼ一定の出射変化を有する。与えられた照明角度の範囲が広がるにつれて、基板に入射する光の全量が増大し、それに比例して観察される明るさも増大する。この状況は観察領域の外側で基板に入射する、光線606のような光線によって促進される。したがって、これらの光線は導電体の見掛け輝度にはなんら貢献せず、拡散のために基板の見掛け輝度のみを増大させることになる。

照明開口数を大きく高めるという正味の効果は、第9図の条件1に示すように基板ピークが銅

ピークに重なるというヒストグラムである。換言すれば、基板上の最も高い点は銅上の最も暗い点よりも明るく見えるのである。こうなると、コンピュータは銅と基板を明確に区別することはできない。本発明者等は、ヒストグラムにおける銅ピークを狭くしてみたが、かえって別の非常に望ましくない影響を引き出してしまった。

この現象を解決するには、基板上の狭い領域に照明光を制限し、望ましくない影響のみを与える光線606のような光線を排除する手段を加えるといよい。第8図に示すスリット組立体607がこのような手段の1つである。0.9NAを用いた或る実験では、1.6mmのスリットを0.8mmのスリットに変えることによって、許容不可の条件2のヒストグラムから第9図の条件3におけるような望ましいヒストグラムへの変化を見た。

c. スペクトル選択フィルタ付きの白色光源

プリント配線板のための光学検査機械を設計するにあたっては、センサで検知される光の色を変

えて特定の検査用途においてコントラストを最適化することができると望ましい。たとえば、エッチングの前に銅上のパターン化したフォトレジストを検査すると望ましいことがときにはある。フォトレジスト・パターンに欠陥が発見されたならば、フォトレジストを剥ぎ取って交換すれば基板を無駄にすることがない。フォトレジストは数種類の色で供給されるので、検査を上手にやるには、検査光波長を選択してフォトレジストと銅のコントラストを最適化する必要がある。

たとえば、第10図はDupont Riston(TM) 215R(市販の赤色フォトレジスト材)の透過スペクトルを示している。500~575nmの範囲に検査波長を制限することによって、フォトレジストは暗く見え、銅は明るく見えるようにすることができる。この場合、銅の反射率は500nmにおける約63%から575nmにおける約80%まで変化する。

光学検査機械がプリント配線板の検査において最高の適応性を持つためには、次の構成要素が考

えられる。

(a)、種々の材料の検査を最適化するために種々のフィルタの選択を行なえるようにした互換性のある色フィルタ(第6図の915)。

(b)、広いスペクトル範囲、たとえば、500~700nmにわたってかなりのエネルギーを利用できる光源。

(c)、光源の全有効スペクトル帯域にわたって応答性を持つ影像センサ。

(d)、機械が狭い帯域のフィルタ(たとえば、TDIセンサ)、物理的な寸法が本発明のフォトセンサで観察される領域の寸法と同じである光源および合焦点光照明器の使用に伴う信号レベルの損失にもかかわらず高速で運転できるように信号対ノイズ比を改善した補助補強手段。

これらの特徴は互いに協働して500~575nmの放射線のみをセンサに到達させるようにすえ付けたフィルタを用いている場合でも100Mpixel/秒での動作を可能とするに充分に充分なものである。

フィルタ付きの光源を設けることは新規ではない。たとえば、Optrotech Vision 105は互換性のあるフィルタを備えている。しかしながら、これを本発明の機械と比較した場合、Optrotechは高効率ナトリウム・アーク・ランプを用いて十分な光を与え、機械を10 Mpixel/sで作動させ続ける必要がある。このランプは約550 nmより低い波長範囲では実質的な放射線を与えることはない。本発明では、もっと効率の低い、500 nmまでの有用エネルギー量しか与えられないランプ（タングステン・ハロゲン）を用いることができる。これは、本発明では、光の使用効率を高める上記種々の技術を利用しているからである。新規性はフィルタ付きの広帯域光源と効率増強用構成要素とを組合わせて高速検査のために上記のような光源を使用できるようにしたことにある。64列TDIセンサを用いて通常のセンサの64倍の効率を得ることがタングステン・ハロゲン・ランプ（第6図の907、908、909）の使用を可

能とするのである。

d. 多重線形タングステン・フィラメント・ランプでの実施

第6、7、11図は本発明の一実施例を示している。この照明器の光源は3つの線形タングステン式タングステン・ハロゲン・ランプ907、908、909である。各ランプは一本のタングステン（それぞれ、907a、908a、909aで示してあり、管状ガラス覆いのほぼ中央に設置してある）。各ランプ・タングステンは検査領域912において結像される。タングステン908aは楕円ミラー901によって結像され、タングステン909aは楕円ミラー902によって結像され、タングステン907aは楕円ミラー903とビームスプリッタ904の組合わせで結像される。

ランプ909のタングステンは楕円ミラー902の第1焦点にあり、線形照明領域912は同じ楕円ミラーの第2焦点に位置する。したがって、楕円形の周知の結像特性により、タングステ

ン909から出てミラー902に入射する光は領域912に沿って線状に合焦点する。ミラー901によるタングステン910の結像もミラー902によるタングステン90の結像とまったく同じである。同様に、タングステン907は上方の楕円ミラー903の第1焦点に位置し、領域912はビームスプリッタ904から反射されてミラー903の第2焦点に位置する。

この光学的では任意のほぼ線形の光源を使用できる。その一例として、毛管アーク・ガス放電ランプがある。

検査領域912はビームスプリッタ904を通してレンズ906で観察される。このレンズの機能はフォトセンサ（図示せず）上にセンサ・レンズ系906を介して領域912の像を形成することにある。効率を最良のものとするためには、センサは後述するようなTDI式のものとなる。上述したように、スリット組立体910が設けてあって、銅とガラス繊維材とのコントラストを改善する。端ミラー1102、1103（第7図の

展開図に示す）がランプ・タングステンが無限度にあるかのように見せるべく設置してある。これらの端ミラーのために、端ミラーから領域912まで1回以上の反射が行なわれてスキュー光線（第7図に光線1101として示す）が被観察領域912に入射する。

端ミラー1102、1103が存在することにより、本照明器は第6、11図の横断面のみならず、直角な平面およびあらゆる中間の平面においてもほぼ均一の照明光を送ることができる。これは効率の良い準ランベルト照明を行ないたい場合に必要である。被観察領域912上に立ち、天井を見ている仮想観察者は表面法線から θ_0 の角度まであらゆる方向においてランプ・タングステンの表面を見ることになる。第11図はその平面でミラー901、902の縁によって限界角 θ_0 が定められることを示している。第7図は端ミラー1102、1103の下縁1104、1105によって直角平面に限界角 θ_0 が定められることを示している。

角 θ_1 と θ_2 の関係も重要である。 θ_1 はセンサ・レンズ906が光を集める表面法線からの角度である。この角度は、普通は、約5.74度(0.1 N A)までの範囲にあるが、おそらくはそれよりも幾分か大きいかも知れない。角 θ_2 は法線からミラー902、901の内縁までの角度であり、 θ_1 よりは大きく、したがって、ミラー内縁が被観察領域912から観察レンズ906まで走行する光線を妨害することはない。表面法線からミラーの外縁までの角度 θ_3 は照明光が天井全体に均一に接近する程度を定める。普通的设计では、この角度は約70°であり、これは0.94の開口数に等しい。

ミラーから被観察領域までの途中でランプ囲いを通して反射させられる光線916(第11図)のような照明光線はこのランプ囲いによって幾分か減弱されることがあり、その強さはガラス/空気境界毎に部分的に反射するために幾分か減少することになる。したがって、本発明のこの好ましい実施例の特徴は、ランプ・タングステン

また、単軸合焦点照明器および線形光源を天井が次のような2つの部分、すなわち、ミラーが完全に反射を行なう外側天井部分と、少なくとも1つの部分透過対象物(たとえば、ビームスプリッタ904)を照明器を通して観察用レンズで観察するのに必要とする内側天井部分とに分割するように配置することも革新的であると考えられる。

顕微鏡照明器の命名法を用いて本発明の照明器をほぼ内側観察コーン内で光線を与える「明視野」部分と、このコーンの外側の光線を与える「暗視野」部分とからなるものとして説明したい誘惑を感じる。しかしながら、これは第7図でわかるように厳密には正しくない。線状の被観察領域912の長軸に沿った方向においては、上方のランプ・ミラー系は観察コーン917の内側の角度の光線とコーン917外側に離れて位置する光線の両方を与える。したがって、上方照明器907は若干の明視野特性と若干の暗視野特性とを共有する。

が限界照明角 θ_2 に近い方位角に位置するということがある。したがって、ガラス囲いの偏光作用、強度減少作用が限界角度光線に集中する。経験によれば、これらの光線は相面の見掛けのまだら模様を減らすという点では法線入射に近い状態で対象物に入射する光線に比べて重要度は少ない。

格鬥ミラーの合焦点作用により、この照明器は合焦点作用を行なわない照明器よりもかなり効率がよい。不完全なミラーおよびビームスプリッタの反射率によって生じる損失や非直線ランプ・タングステンによる照明の不完全さを考えなければ、仮想観察者の経験する明るさはその上方の天井全体が3100 Kを超えることもある色温度の白熱タングステンで満たされている場合と同じである。

3つの単軸合焦点ミラーおよび1つのビームスプリッタをほぼ線形の光源およびこれらの光源を無限遠にあるかのように見せる端ミラーと組合せた配置は革新的であると考えられる。

或る種の環境で有用である本発明の設計の1つの変更例として、天井を本当の明視野部分と暗視野部分とに分けてしまう配置がある。これを(第12図)を行なうには、ビームスプリッタ904をレンズ906の上方に置き、このレンズを通して明視野照明を与える。ミラー901、902が中間で角度 θ_1 の開放円形領域918と交差するように設けてあって、レンズ906で照明されないすべての領域で広角暗視野照明を行なう。

ビームスプリッタ904がセンサ・レンズ906の下方にある第6図の光学配置の1つの利点は、レンズからセンサに迷光を反射させる機会がまったくないということにある。高速検査装置で非常に高い照明レベルが用いられるために、このような迷光の抑制は重要である。

照明器の反射面が波長依存性を持つと望ましい。各タングステン・ランプ・タングステンは主として可視波長および赤外波長の広範囲の波長を発するが、或る選ばれたスペクトル部分、普通

は、500～700nm範囲のスペクトルのみが有用である。他の波長は反射させられて被観察領域912上に合焦点した場合、プリント配線板を加熱するという望ましくない結果を招く。

波長選定の1つの方法は、ミラーをガラスで作成し、ミラー・コーティングを多層絶縁冷ミラーとし、当該波長を反射し、他の波長を通過させるように設計することである。ミラー基板を電熱ニッケルのような不透明な材料で作った場合に適している別の方法は暗色ミラー・コーティングを用いることである。暗色ミラー・コーティングは選定した波長を反射し、他の波長を基板材料に効率良く入射させて吸収させるように設計した多層コーティングでもある。

いずれにしても、非反射エネルギーが冷却空気流に効率良く運び去られるようにする必要がある(第13図参照)。暗色ミラーの場合、望ましくないエネルギーがミラー基板を加熱するように作用する。基板のすぐ上を流れる空気は熱を吸収し、運び去ることになる。

高さに設置してあって、無駄なエネルギー・ビームがレンズ・ハウジングに入射しないということにある。ビーム920が入射すると、ハウジング内部をはねまわって影像に迷光生成物を生じさせがちとなる。

第6、7、11図に示す照明器設計の重要な特徴は、ビームスプリッタ904が光軸に対して比較的小さい角度で傾いているということにある。垂直照明器を構成するもっと普通の方法はビームスプリッタを45°にするということである。本発明の照明器では、レンズ906が比較的高い開口数(NA0.1まで)を持ち、低い光学収差を持つ必要がある。さらに、低収差性能はかなりの焦点深度にわたって±0.002インチのオーダーに維持しなければならない。45°に傾斜した1mm厚のビームスプリッタを用いると、観察用光学系にかなりの収差を与えて完全なレンズでも解像度と焦点深度の必要な組み合わせを達成できなくなることがわかった。

傾斜したガラス板では、傾斜角を減らすにつれ

冷却空気流に伝えなければならない無駄なエネルギー量を最小限に抑えるために、ランプの管状囲いに絶縁コーティングを設け、所望の可視波長を通過させ、望ましくない長い波長の放射線の少なくとも一部をタングステンに反射させるように設計すると望ましい。このようなランプは、たとえば、登録商標「Wattmiser」の下にGeneral Electricから市販されている。

ランプ囲いを囲んで補助チューブを設け、この補助チューブに赤外線反射コーティングを設けるのも望ましい。この方法では、低コスト被覆無しランプを使用できるという利点がある。比較的高価なランプ・コーティングが補助チューブにあるために周期的な交換が不要となる。

ビームスプリッタ904が部分的に透過性となっているために、無駄なエネルギーのビームはビームスプリッタを通過する。第6図の光線920はこのビームの最上方光線である。設計上の重要な特徴は、センサ・レンズ906が十分な

で収差は小さくなる。したがって、他の設計条件と矛盾しないがぎりできるだけ角度を小さくするとよいことがわかった。これは約20°の傾斜の選定に通じる。

たとえガラス板がまったく傾斜していない場合でも、或る程度の球面収差は残るが、これはレンズ906を適切に設計することによって補正できるので重要な問題ではない。ガラス板を傾斜させることから生じる非点収差はレンズの設計では容易に補正できない(傾斜したレンズ要素による部分的な補正は可能であるかも知れないが、高価となる)。したがって、このような傾斜は最小限に抑えなければならない。

後にさらに説明するように、照明器を通して冷却空気を流し、ランプの発生した熱を運び去り、観察光路におけるシュリーレン現象を抑えることは望ましいことである。窓905は空気流を閉じこめ、レンズ906で検査領域912を観察させながらビームスプリッタ904に塵埃が侵入するのを防ぐのに役立つ。

スリット組立体910の重要な特徴は、それが取り外し自在であり、照明器のハウジングと無関係に被検査面上方で一体空気軸受上に浮いているということである。大きな反りがある多層板のような或る種のプリント配線板の検査に際して、被検査面は配線板を光学検査ヘッドの下で操作しているときに光学焦点深度よりも長い距離にわたって上下に動かすことができる。検査機械は光学ヘッドを上下に動かして配線板の動きに追従させるように設計した焦点合せ機構を包含している。

第15a図および第15b図は本発明のスリット組立体910を一体空気軸受と共に示している。スリット922はスリット組立体の全長にわたって延びており、スリット組立体WO照明器20の下にすえ付けたとき、ランプ907〜910のタングステンに対して平行な光学視野とほぼ同じ長さとなる。スリット組立体910はスリット922に対して平行に空気流路924も構成しており、この空気流路は60psi (4.2kg/cm²) 空気供給額(図示せず)に接続

向付け用バップルおよび排気ダクト1304を包含する。

羽根1407、1408は光路を通して空気を下方に導くように作用する。これらの羽根は対象物から観察用レンズ906までの最外方光線のすぐ外側にそれに平行に位置している。ここで、羽根が楕円形ミラー901、902のやや下に突出していることに注目されたい。照明された線上にいる観察者は、羽根1407、1408の平面が視野の中央で出発する視線に沿って位置するので、これらの羽根の縁しか見えないことになる。このことは羽根の存在によって暗くなる天井の部分を最小限にする。これらの羽根によって導かれた空気流は光路から熱い乱流の空気を払拭して観察用光学系の経路に沿った熱勾配を最小にし、したがって、シュリーレン現象を抑えるように作用する。(シュリーレン現象というのは、光が通る空気の屈折率の熱による変動による光線の屈折のことである。)

冷却システムの設計上の1つの特徴は、空気流

路が十分に気密性を保たれて機械内部に暖かい空気がほとんど放出されないということにある。暖気は機械の外に導かれ、結像光学系の性能に影響を与えることはない。

第13図および第14図は照明器20から熱およびシュリーレン現象を除くための適当な空気流冷却システム22を示している。典型的な照明器20は3キロワットのオーダーの熱を発散させることができ、この場合、排出空気の望ましくない温度上昇をなくすべく熱を除去するのに約300立方フィート/分(8.4m³/分)の空気流を必要とする。空気流冷却システム22はブロワ1301、空気フィルタ1302、入口空気ダクト1303、1407、1408のような流れ方

路が十分に気密性を保たれて機械内部に暖かい空気がほとんど放出されないということにある。暖気は機械の外に導かれ、結像光学系の性能に影響を与えることはない。

冷却システムの設計上の別の要件はランプ囲いを過冷却してはならないということである。タングステン・ハロゲン・ランプの寿命を長くするためには、タングステンが全力作動温度にあるときにランプの壁温度を約250℃より低くしてはいけないということは知られている。もし壁がこのレベルより低い温度になったならば、ランプ壁からタングステンに戻るようにつ着タングステンを移動させる化学サイクルの抑制が生じる。その結果、ランプ壁が黒くなり、タングステンが燃え尽きることになる。

第13図、第14図に示すダクト・パターンはシュリーレン現象抑制要件に合わせながらこのランプ温度要件に合わせて経験で開発したものである。

ランプ温度要件を満たす別の配置としては、ランプ囲いを補助ガラスチューブ、たとえば、上述した赤外線反射用補助チューブで取り囲むことがある。このチューブの存在で、ランプ囲いを直接の空気流の衝突から保護し、したがって、ランプ囲いの温度を下げることなく空気流速をかなり高くすることができる。

照明器20を効果的に使用するのに必要なシステム設計特徴は3つのランプの各々によって生じる光の強さのバランスを取る装置にある。粗面上のまだら模様を最適に抑圧するには、被観察領域上方の天井のすべての部分をほぼ均一な明るさにしなければならない。これを達成する1つの方法は、被観察領域に均一な拡散サンプルを置き、一度に1つずつランプを点灯させ、ランプの振幅を調整してそれぞれの場合に見えるピーク輝度が所

定値に達するようにすることがある。

e. 非干渉性蛍光照明器

これは本発明の第2実施例である。

上記の説明の中心は合焦点準ランベルト照明を用いて光学的に検査しようとしている粗面材料上の表面まだら模様を抑圧することにあった。この目的を達成する別の方法としては、短波長放射線、たとえば、400~500nmの範囲にある放射線でプリント配線板を照明し、短波長放射線で励起された蛍光体から生じたより長い波長の放射線を観察するということがある。

多くのタイプのプリント配線板基板材料は或る程度まで蛍光を発するが、清浄な金属導電体面はそんなことはないで、そうした場合、導電体が黒く見え、基板材料が明るく見える高コントラスト像を得ることができる。導電体が黒いために、その表面のまだら模様は見えない。或る場合には、基板に蛍光染料を加えることによって基板の蛍光発生効率をかなり増大させ、信号対ノイズ比を改善するのが実際である。

この原理を利用する光学検査装置は公知である。Lincoln Laser Corporationが励起放射線をヘリウム・カドミウム・レーザーからの走査442nmビームによって与えられる蛍光ベースのプリント配線板検査機械を販売している。この機械はFrank H. Blitchington & David B. Haughに1985年12月5日に発行された米国特許第4,556,903号に記載されている。

レーザーを使用して蛍光体を励起することには、励起手段として非干渉性照明を使用できる場合には克服できないいくつかの欠点がある。非干渉性照明の利点は次の通りである。

(a)、非干渉性光源は、特に送られた光のワットあたりのコストを基準に比較した場合、レーザー光源よりも安価である。

(b)、非干渉性照明および固体検出器アレイに基く結像システムはレーザー・スキャナで普通に使われている回転多面ミラーのような可動部品とすべての光源との組み合わせが不正確であるためにレーザー・スキャナよりも位置精度を高くする

ようにより経済的に作ることができる。

(c)、非干渉性照明器ではレーザー照明器よりも波長融通性を得るのが容易である。これは、種々の材料が種々の励起波長に適切に応答することができるために望ましい。

蛍光性プリント配線板検査に非干渉性照明を応用するときの困難さは、高速検査に利用できる光が少なすぎるように思えるということであった。レーザーベースのシステムはレーザーの比較的弱い光出力（約10mW）のすべてを1つの非常に小さいスポット（直径1ミルの数分の1ほどの小ささ）に集中させることができ、このスポットから発する蛍光の大部分を大開口検出器光学系に収束させることができるという利点を持つ。高圧短アーク・ランプ（容易に入手可能な最大輝度の非干渉性光源）からの光は、原則として、アークの表面積よりも小さい面積に集中することができず（実際、実用システムではアーク面よりもかなり大きな面積のところに光を集中させることができるだけである）、また、蛍光を集める結像レンズの開口は蛍光放射線の1%またはそれ以下をセンサ・アレイに送れるほど十分に小さくしなければならないのが普通である。

本出願人等は、非干渉性蛍光システムの潜在的な利点が1グループの効率強化装置のうちの1つ

は線形の観察領域について使用するようになってくる集中照明システムを包含し、また、これはTDIセンサを包含していてもよい。第16a図は中間横断面であり、第16b図は照明器の斜視図である。

領域1501は非検査対象物上で照明されることになっている線である。TDIセンサを用いている場合、この領域は2000画素のオーダーの長さで64画素分の幅とを有し、ここでは、1つの画素は所望の解像度に応じて0.001インチ（0.03ミリメートル）以下となる。短波長光は光ファイバー束1502、1503によって照明器に送られる。これらの光ファイバー束の出射端は第16a図で見て狭くなっており（たとえば、高さが約0.005インチ=0.127mm）、第16a図の断面に対して直角の方向において観察線1501と同じ幅となっている。ミラー1504は楕円円筒形の断面であり、その焦点は線1501のところと光ファイバー束1503の出射端のところにある。ミラー

またそれ以上の装置と非干渉性蛍光源を組み合わせることによって実現できることを見出したのである。

このような装置の第1のものは時間遅延積分型センサ（TDIセンサ）であり、これを自動光学検査に応用した例を以下に説明する。TDIセンサの利点を考える方法の1つは、解像可能な画素の幅の多数倍（少なくとも64個分の画素幅）の面積から効率良く光を集めることを認めることである。したがって、蛍光体励起源からの光のすべてを1つの画素の幅の64倍の面積に集中させることができるならば、たとえその光のすべてが普通の線形アレイ・センサのための1つの画素幅に集中したとしても結果は良好である。これは小さい面積に非干渉性光を合焦点させる困難を克服するに充分である。

別の効率強化手段としては、上述したような集中照明システムがある。

第16a図、第16b図は本発明による蛍光照明器の第1実施例を示している。この実施例はほ

1504は円形円筒形の断面に近くてもよい。同様に、ミラー1505は光ファイバー束1502の出射端と線1501に焦点を持つ楕円円筒形の断面となっており、このミラーも最適楕円に近い円形円筒形の断面であってもよい。

レンズ1506は観察用レンズであり、これはセンサ（図示せず）上に線1501の蛍光像を合焦点する。このセンサは普通の固体線形ダイオード・アレイ式センサであってもよいし、TDIセンサであってもよい。

フィルタ1512はレンズ1506に直接基板から散乱し得る光線1511からの短波長光を阻止するが、基板の蛍光材からの生じた可視光は通すフィルタである。第16b図に示すように、光ファイバー束1502、1503はその全長にわたって再整形されており、その入射端1509、1510はほぼ円形となっている。これは短波長光源から集めた光（たとえば、高圧水銀アークからの365nm放射線）で効率良くファイバーの入射端を照明するのに便利である。

円形の光スポットを生じさせるに効率の良い照明器を構成することについての詳細は周知のことであるから、システムのこの部分は詳しくは図示しておらず、ブロック1511としてのみ示している。

このシステムの設計では、光ファイバー束1502、1503の出射端を出た光のかなりの部分が検出器上に結像されることになっている領域に送られることが重要である。この目的を達成しようとする場合、第1の要件は、ミラー1504、1505の円弧長は光ファイバー束を出た光線の発散角に良く整合し、束を出た光線のほとんどすべてがこれらのミラーによって捕えられ、線1501に向って収束するようにすることである。光ファイバー束を出た光線の発散角が入射光線の収束角にほぼ等しくなるので、この要件は光源1511の光学的設計をミラー1504、1505の角度範囲に正しく合わせるのに適している。

第16a図および第16b図の蛍光照明器の設

1505の角度範囲についての要件を意味することになる。これらの円弧が十分に長ければ、光ファイバー束1502、1503の出射高さについて制限があっても、光源1511で送り出される光のほとんどすべてが領域1501に送られ得る。

通常は、各光ファイバー束1502、1503の端から出射する光はほぼ円錐形に発散するのが本当である。もし束が被照明線の長さとはほぼ同じ幅に作ってあるならば（照明の効率と均一性にとって望ましい）、領域1501の端付近のファイバーはミラー1504、1505によって合焦点される光線を領域1501を越えた領域に運ぶ方向にかなりの出力部分を放射することになる。この理由のために、本発明者等は、端ミラー1507、1508をこれらの光線を領域1501に向って再方向付けるように設けた。光学設計の当業者には明らかなように、端ミラー1507、1508の効果は束1502、1503から発するほとんどすべての放射線を捕

計における第2要件は、被照明線1501の幅が検出器で観察される領域よりもかなり大きいということである。順次、これは、光ファイバー束1502、1503の出射端の高さを領域1501の幅よりもかなり小さくすることを必要とする。さらに、これは光ファイバー束の出射端1509、1510の直径に制限があることを意味する。

ここで、効率良く設計した光源は被照明領域の面積と収束照明ビームの開口数の二乗の積である或る種の特徴を持つことは周知である。ファイバー・アーク・ランプ照明器からの光をすべて集めようとする場合、設計者は小さいNAで大きなファイバー束を照明するも、大きなNAで小さなファイバー束を照明するも自由であるが、面積とNAの両方を勝手に選ぶことはできない。領域1501の幅が被照明面積の仕様を決めるので、ファイバー束に入射する光のNAは決っている。光はファイバー束を出たときと同じ角度で発散することになるので、これがミラー円弧1504、

え、それを必要な領域1501に向けることになる。

本発明の蛍光照明器の第2実施例が第17図に概略的に示してある。この実施例はほぼ線形の領域1601の効率の良い照明を行なうようになっている。これは、主として、円筒形レンズ1604をミラー1504、1505の代りに用いたという点で第16図のシステムと異なる。光は束1502、1503のそれと同様に図示した横断面の平面で短いが、被照明領域1601の長さにはほぼ等しい直角方向において或る幅となっている出射形状を有する単一のファイバー束1602によって短波長光源（図示せず）からシステムに送られる。

ビームスプリッタ1612は二色性であり、すなわち、蛍光体を励起するのに用いられる短波長ではほぼ100%反射率となり、観察しようとしている蛍光のより長い波長ではほぼ100%の透過性となるように設計してある。 レンズ1606は或るセンサ（図示しないが、TDIセ

ンサでもよい)上に領域1601の像を形成する。

望ましい整合を得るための要件はミラー1504、1505の寸法に影響すると同じ方法でレンズ1604の寸法に影響する。

第16a図および第16b図におけると同じ理由のために端ミラー(図示せず)が第17図のシステムに設けてある。

フィルタ915は可視光フィルタであり、蛍光は通すが、フィルタ913、914を通過してきた短波長光は遮る。

この照明器が準ランベルト可視光モードで作動しているときには、フィルタ913、914は除かれるかあるいは可視光フィルタと交換され、ビームスプリッタ904が挿入され、ランプ907はオンとされる。

この照明器によれば、単一の基板を可視モード、蛍光モードで順次に検査できる。それ故、このシステムでは、各モードで別個の組の欠陥を見付けだすことができる。各組の欠陥は或る割合の「偽」欠陥(システムでは観察されるが、現実には存在しない欠陥)を含んでいる。

たとえば、可視モードでは、「偽」欠陥は銅内の深いすり傷や銅上の暗色酸化物パッチから生じる可能性があり、これらの欠陥は共に或る線における破断箇所と考えることができる。同様に、蛍光モードでは、或る線を横切って位置する1つの腐が蛍光を発し、機械が破断箇所として示すのか

f. 組合わせ照明器

第6図に示す照明器は蛍光モードあるいは可視モードのいずれでも作動するように改造することができる。これは第17b図に示すように行なわれる。この照明器のすべての構成要素の位置および作用は第6図に示す可視光照明器にほとんど同じである。違っているのは次の点だけである。

すなわち、空冷式白熱ランプ908、909が水冷式水銀毛管アーク・ランプ1601、1602に取り替えられており、また、取り外し自在のフィルタ913、914が加えられている。さらに、ビームスプリッタ904も取り外し自在となっている。

フィルタ913、914はランプ1601、1602から可視光を遮るように挿入してあり、短波長光(500nm未満)のみを基板に入射させるようになっている。この照明器が蛍光モードで作動しているとき、ランプ907はオフとなっており、フィルタ913、914、915は所定位置にある。

も知れない。

可視、蛍光両結像プロセスの性質が非常に異なっているために、各検査で生じた「偽」欠陥はほとんど交わることのない組にある。したがって、これら2種類の検査の結果が両方の検査で同時に発見されないかぎり欠陥として認めないという論理的な帰結として、「偽」欠陥のより大きな部分が除かれ、真実の欠陥をほぼすべて残すことになる。

g. 暗色酸化物

第6図に示す照明器は明るい銅線の検査により適したものである。しかしながら、銅を酸化層、普通は黒色または茶色の層で覆われているプリント配線板に高いコントラストの像を生じさせることはできない。

この場合、銅はほとんど反射を行わず、酸化層が中断している偶発的に明るいスポットを除いて暗く見える。実際に、基板(代表的には、FR-4)は酸化物で覆われた銅よりは明るく見える。

この変形例では、基板を酸化物よりも明るく見せるというこの傾向はFR-4基板が線よりも明るく見える高コントラスト像を生じさせるのに利用される。再び第9図を参照して、高NA照明をスリット無しで用いて非常に明るいFR-4を得ることができることがわかる。高NA照明の追加は酸化物を多少とも明るくすることはなく、高コントラスト像が生じ、FR-4は黒色酸化物よりも明るい。銅上の偶発的な明るい点(酸化物不在)からのスペクトル反射を避けるために、上方ランプ907はオフとされ、ビームスプリッタ904は引き出される。ビームスプリッタの除去は残りの2つのランプからの光の集光効率に2の因数を加えることになる。したがって、銅上の酸化物を検査するのに用いられる照明器構成は、スリット910およびビームスプリッタ904が取り除かれていることを除いて第6図に示すものと同じである。

h. 光学系全体

第18図において、検査しようとしている表面

面の上方に一体の空気軸受上に浮上し、垂直方向へのみ移動する。

スリット910と光学要素取付板806の間にLVD Tセンサが設置してあり、これらの構成要素の相対位置を検知するようになっている。LVD Tからの信号は光学要素取付板806を動かして光学要素の合焦点を行なわせる合焦点サーボで用いられる。

照明器20もスリットおよび光学要素取付板を取り付けてあ同じ固定面に取り付けてある。この取り付けはヒンジ支持体810で行なわれる。照明器は垂直方向に移動して種々の配線板の厚さに合わせて調節できる。しかしながら、その焦点深度は所与のバッチ数のプリント配線板を検査する間照明器を固定状態に留めるに充分なものである。

第18図の底から始まって、ここには上方板に2つの観察窓905を有する二重長の照明器20が示してある。観察窓905の上方にそれと整合してセンサ・レンズ906、906'があ

上の2つの平行な経路を検査する構成と共に、光学系の主要要素間の空間関係が示してある。当業者には明らかなように、この構成は所望に応じて一度に多くの平行な経路を検査するように拡張することができる。照明器20についての残りの説明を通じて、簡略化のために検査しようとしている表面上の検査経路はただ1つとして説明する。

第18図において、ここには、光学要素取付板806が示してあり、これにはこの図に示すすべての構成要素が装着してあるが、ただし、スリット組立体910と照明器20は除く。光学要素取付板806は、順次、平行四辺形持ち支持体807、808によって固定した比較的振動のない面(図示せず)に取り付けてある。これは光学要素を合焦点のために垂直(z)方向にしか動けないように拘束する。同様に、スリット組立体910は照明器20の下方で可撓性支持体810によって同じ固定した比較的振動のない面(図示せず)に取り付けてある。このスリット組立体は面から独立して取り付けられてあって、被検査

る。各レンズ906、906'からの結像光路はそれぞれミラー802、803まで上方に延びており、ここで、結像光路は45°に曲って光学要素取付板806に対して平行に留まる。結像光路の各々はそれぞれミラー804、805につながる。上方の光路はさらに45°曲って構成要素取付板806に対して直角になり、また、そこから外方に延びる。下方の光路は下方に曲り、光学要素取付板に対して直角に外方に延びる。各結像光路は次いでそれぞれの影像センサ800、801に到達する。各センサ800、801によって、影像は電気信号に変換され、これらの信号は影像処理器25によって処理される。

T D I センサ

時間遅延積分 (T D I) センサは移動している像を電荷結合デバイス (C C D) 型感光アレイに合焦点することを意図している。この C C D は二次元の感光領域アレイ、すなわち、フォトレジスト・アレイからなる。光子がフォトレジストに入射すると、電子が解放される。これらの電子はアレイの面に設置したクロック線によって生じる潜在エネルギー・ウェルに移行する。ひとたび電荷がフォトレジスト内に蓄積されると、クロック線に電圧を充電することによって電荷が隣接のフォトレジストに移動することができる。クロック線のこのサイクルが繰り返されて、所与のフォトレジストの電荷が電圧変換器に移動して、そこで、電荷が電圧としてセンサから読み出される。

T D I は、上述したようにクロック電圧を周回させることによってフォトレジスト間で電荷バケットを伝達するとき、フォトレジストがなお感度を保ち、新しいフォトレジストに入った光子が電子を生じさせ、これらの電子がその時にフォト

レジストに位置していた電荷バケットに加わる。T D I において、電荷バケットは影像がアレイを横切って移動する速度と同じ速度でアレイを横切って動かされ、その結果、或る特定の影像がアレイを横切って移動するにつれて、その影像で生じた電荷が同じ電荷バケットに加わる。実際、アレイは T D I ディメンションにおける画素の数に等しい因数分だけ大きい露出時間を持つライン・センサと同様に作用する。

検査に T D I を応用することは検査プロセスが光の制限を受ける傾向があるので魅力的である。ライン・センサの検査速度は必要な信号対ノイズ比と利用できる光量によって決まる。信号は光のパワーと時間の積に比例するので、光のパワーが限られる場合には、必要な信号対ノイズ比を得る唯一の方法は積分時間を延ばし、検査速度を低下させることである。そのパイプライン構造により、T D I は検査速度を落とすことなく積分時間を延ばすことができる。また、普通は光制限を受ける暗視野照明、傾向照明で検査を行なえる。

センサの出力速度を高い集光率に匹敵する状態に保つべく、多段出力タップを用いている。これは各タップ毎に出力データ率が高価になるのを防ぐ。用途に合わせて出願人等が選んだ或る特定の T D I センサは第 19 図に示すように 16 個のセグメントからなる。一層詳しく言えば、選定した T D I センサは T D I ディメンションに 64 列、第 20 図に示すように時間遅延積分 (T D I) モードで運転する M U X ディメンションに 2048 行の 64 × 2048 C C D 影像センサである。

作動にあたって、行はアレイの頂、底で引く続くシフト・レジスタに対して上下にシフトする。ここで、「上」、「下」なる意味は T D I ディメンションにおける 1 つの列の平行シフトを言っている。連続したシフト・レジスタは 128 個の素子毎に 1 つずつ 16 のタップを有する。各タップは 8 M H z 出力データ率を有する。第 19 図のチップ前部を見て、頂部のシフト・レジスタは左にシフトし、底部のシフト・レジスタは右にシフ

トする。このようなセンサは 4 位相埋設チャンネル型前部照明構造を使用する。本出願人等の選んだセンサの仕様は、上述したように、27 × 27 マイクロメートルの個別画素サイズ、1 μ v / e の出力感度、60 K ライン / 秒のライン速度で 0.9995 より大きい C T E、500 K 個の電子の光レベルで 8 M 画素 / 秒のデータ速度を持ったものであり、出力部でのダイナミック・レンジは 15 n s の最小サンプル・ウィンドウを用いて 8 M H z クロック率で測定したときに 1250 : 1 (飽和信号対単一画素 R M S ノイズ) であり、8 M H z 画素率において 25 °C で暗電流が飽和状態の 1 % 未満であり、行応答不均一性が各タップで 10 %、タップ対タップで 15 % であった。

説明を続ける前に、いくつかの定義が必要である。「暗」ライン、「明」ラインというのは 2 つの照射レベル、すなわち、「明」レベル L と「暗」レベル D の見地から定義したものである。大きな面積をレベル L で均一に照射したとき、各

画素の応答性はRLである。大きな面積をレベルDで均一に照射したときは、各画素の応答性はRDである。8つのケースの各々について、一本のラインをレベルL、Dの空間パターンとして定義し、画素の応答性をRL、RDによって特定する。第21a～21j図は選定したTDIセンサの変調化様をグラフで示している。これら各図において、種々の入力照明パターンに対するTDIセンサの応答性が示してある。変調化様を要約するために、単一の画素幅ラインを中央の列または行に結像したとき、先に定義したように（第21c図の式）の変調は60%より大きくなければならない。列間または行間の境界に結像したときには、変調は40%より大きくなければならない。同様に、第22図は選定TDIセンサの最低許容QE（量子効率）を示すグラフである。

第23図は第1図のセンサ・ブロック24に相当する、TDIセンサ206を含む撮影電子機器のブロック図である。撮影電子機器には、二次処理器200が含まれている。これは、特に、後述

の出力信号のうちの1つだけを処理するための回路が示してある。センサ出力信号処理回路が同じだからである。センサ出力信号はまず2倍乗算器208に送られて増幅され、増幅された信号は2つのサンプル・ホールド回路に送られる。上方のサンプル・ホールド経路（要素210、214、248）は画素毎に信号をサンプリングし、画素間で生じるクロック、リセットノイズを除く。下方のサンプル・ホールド経路（要素212、216、246）はセンサ・タップから出力した各グループの128個の画素間のライン移行時間中に生じる暗基準レベルをサンプリングする。これら2つの信号の差が次に作動増幅器（要素218、220）によって生じ、センサの暗出力レベルにおける熱変化あるいは他の変化によるオフセット・エラーがほとんどないビデオ信号となる。この差信号は次にバッファ220によって緩衝され、加算器222、228のカスケードに送られる。これら加算器間には乗算器224、226も接続してある。これらの要素

するようにTDIセンサのセグメント毎にグローバル・ゲインおよびオフセットとダイナミック・ゲインおよびオフセット・ステージに入力信号を与える4つのデータ・ワード(D₀、D₁、D₂、D₃)を発生するものである。また、位相検止ループ202、タイミング発生器204、TDIセンサ206も含まれている。TDIセンサ206の各セグメント毎に、個別の同形の出力回路が設けてあり、その16個のうちの1つだけがこの図に示してある。撮影電子機器のこれら各部分は2因数乗算器208と、サンプリング・スイッチ210、212と、コンデンサ246、248と、バッファ214、216、220、242と、加算器218、222、228と、乗算器224、226と、DAC230～236と、RAM238、240と、フラッシュA/D変換器244とを含む。

センサ206は上述したように16個のセグメントを有し、これらのセグメントの各々から異なった出力信号が発生する。この図では、これら

は、DAC230～236およびRAM238、240と一緒に、較正回路を構成する。この回路部分の機能は不均一な照明またはセンサの不均一な感度による像内の異常を除去することにある。加算器228の出力部に正常化した信号を与えることにある。正常な信号内の変動は検査装置によって観察しようとしている対象物の変動のみでなければならない。

較正回路は存在する可能性のあるグローバル・ゲイン、ダイナミック・ゲイン、オフセットを補正する。グローバル・ゲイン、オフセット信号はdc信号であり、これらの信号は増幅器に非常に大きな変化を与えて検査装置が検査しようとしている広範囲にわたる対象物に順応する。たとえば、種々タイプのプリント配線板は銅と基板の間またはフォトレジストと基板の間に非常に異なるコントラストを有する。したがって、広範囲にわたって増幅器のゲインを変えて適応する可能性のあるいかなる対象物も検査できるようにする必要がある。DAC230、232への入力信号は、

ホストCPU 26 (第1図) が被検査対象物を観察しているときにそこから来る信号に回答して発生して検査を遂行するに充分なコントラストとを得る。グローバル校正回路は16チャンネルすべてのゲインとオフセットに同時に大きな変化を与える。これにより、ホストCPUが校正回路をプログラムして背景の輝度およびコントラストとが広範囲にわたって変化する場合のある種々の対象物に順応することができる。検査の開始に先立って経験的に適当なグローバル・ゲインおよびオフセットの校正値が決められ、検査プロセスでは一定に留まる。

ダイナミック・ゲイン・オフセット回路は画素毎の補正を行なう。この回路の範囲はグローバル補正ブロックに比べてかなり制限されている。この回路はゲインあるいはオフセットで±20%変化まで補正できるが、すべての画素を変えなければならないので非常に高速で作動する。これは照明の不均一性またはセンサ206の応答性を補正する回路である。校正方法はXYステージ12上

に位置する。「黒」基準面および「白」基準面の画像について行なわれる。理想的には、基準画像は完全に均一になっていなければならないが、不均一性のためにそうはならない。ホスト・コンピュータはこれらの応答性があるものを監視しており、先に述べた「D」信号が発生し、RAM 238、240に送られた場合には適切な補正値を処理器200にダウンロードし、各画素をそれらが持つべきである公称値に補正する。バッファ220からの信号はそこからグローバル・オフセットを引き、グローバル・ゲイン補正値で割り、ダイナミック・ゲイン補正値を掛けることによって補正され、さらにそれにダイナミック・オフセットが加算される。加算器228からの補正済みの信号は次にバッファ242に送られ、次いでフラッシュA/D変換器244に送られる。本願で利用している校正回路の変換機能は次の通りである。

$$G.L. = 44.74 - 0.1000 D_{\text{OVS}} + (19.20 \times 10^4 (801.7 \times 10^{-6} + 1.578 \times 10^{-6} D_{\text{OVON}}) (V_{IN} - 2.552 \times 10^{-3} D_{\text{GLOS}}) / D_{\text{GLON}}) \quad (1)$$

ここで、

G.L. = A/D変換器からのグレイレベル (小数) 0-63

D_{OVS} = ダイナミック・オフセット補正値 (小数) 0-225

D_{OVON} = ダイナミック・ゲイン補正値 (小数) 0-225

D_{GLOS} = グローバル・オフセット補正値 (小数) 0-225

D_{GLON} = グローバル・ゲイン補正値 (小数) 100-1023

V_{IN} = サンプル・ホールド回路のアナログ出力 (ボルト)

TDIセンサ206の各セグメントはタイミング発生器204を経て位相終止ループ回路202によって制御される。TDIセンサの必要

とする出力信号は第24図のタイミング図に示してある。基本的には、3種類のクロック信号がある。TDI方向に電荷をシフトするのは位相「C」クロックであり、結像後にアレイから信号をシフトする出力シフト・レジスタを駆動するのが位相「A」、「B」クロックである。位相「A」、「B」クロックのうちの一方向のみが任意所与の時刻に活動している。位相「C」クロックは第24図に示すように互いに関係する自由動作クロックである。電荷がアレイのTDI方向(アレイの感光部分)へシフトされると、それは2つのシフト・レジスタ、「A」または「B」のレジスタのうち的一方へ伝えられ、そこから本発明の設計である16個のタップの各々に伝えられる。位相「A」、「B」クロックは出力電荷を電圧変換器に伝えるクロックである。位相「A」クロックまたは位相「B」クロックは4位相クロックであり、各信号は先行クロックから順次90°位相ずれており、したがって、TDIセンサは4位相装置と言える。

アレイから電荷をシフトする位相「A」または「B」クロックに加えて、リセット・ゲート・クロックも設けてあり、これはそれぞれ「A」、「B」レジスタのための位相「RGA」または「RGB」信号として示される。これらのクロックは画素間のセンサ・チップ上の出力増幅器を既知レベルにリセットする本質的に自由に作動するクロックである。位相鎖止ループ・ブロック202におけるエンコード信号を監視することによって、XYステージ12がX方向へ移動する方向が決定され、したがって、センサ206内の「A」、「B」レジスタのうちの適切なものを選ぶことになる。「A」、「B」レジスタはアレイの長軸の両側に配置してある。映像は信号電荷が横切って移動しつつある方向と同期してアレイを横切って移動する。両走査方向に順応するためには、両方向において電荷をシフトする必要がある、したがって、出力レジスタはアレイの両側にあり、そのうちの一方のみが任意の時刻に活動している必要がある。こうして、基板が走査されつ

く、他方の組には括弧がある。本発明の意図したタイミング発生器204はカウンタからの出力信号を復号し、第24図に示すタイミング信号を発生するPROMを駆動する二進カウンタによって構成されている。括弧内の数字はタイミング図における各時間増分に対応するカウンタ出力である。括弧のない数字はそのサイクルにおける各タイミング状態に対する恣意的な状態割当である。

ϕ_{10} 、 ϕ_{11} 信号はサンプル・ホールド回路を駆動し、 Y_{10} は入力バッファに行き結像コンピュータの外から入ってくるデータと同期させる。

位相鎖止ループ202への入力信号は第23図に示してある。これらの信号はXYステージ12の速度の関数である双位相求積エンコード信号と線形エンコード38(第1図)からの出力信号である。位相鎖止ループ202は種々のステージ速度および画素サイズに対してプログラムすることができる。表Iは本出願人が用いている各画素サイズと走査(ステージ)速度の組合わせに對

する方向は位相鎖止ループ202で復号されつつあるものと一致しなければならない。

本願で使用しているセンサ206は2048画素分の長さであり、アレイ上に16個のタップがあるので、これらのタップは各128個の画素に置かれる。位相「A」、「B」クロックが活動していないときには、信号電荷はアレイのTDIセクションから内方へシフトされる。次いで、位相「A」、「B」クロックが、必要に応じて、始動され、タップあたり128個の画素を外方へそのタップの出力増幅器へシフトする。次いで、クロックは再び停止させられ、アレイのTDIセクションからの画素の次の補正值が内方へシフトされ、このパターンが繰り返される。「A」、「B」位相クロックが活動していない時期は伝達時間として定義される。TDIセンサは連続的にデータを集め、これらのデータをバーストの伝達時間の間に外方へシフトする。

第24図のタイミング図の頂部を横切って2種類の一連の数字がある。一方の組には括弧がな

する出力クロック(4×ck)の周波数を示している。双位相求積エンコード信号は2つの方形波または正弦波信号からなり、その一方は他方から90°の位相だけ送れている。走査方向が変わると、先の走査方向に送れている信号は第2走査方向になる。

映像処理器

第25図は第1図の映像処理器25のブロック図である。第23図の撮影電子機器の16のセクションの各々のA/D変換器244の各々からの出力信号は入力バッファ310に並列に送られ、ここで複合像信号が生じる。この複合像信号は次に特徴抽出パイプライン312に送られ、このパイプラインは映像処理器コントローラ314の制御の下にこの信号から特徴を抽出し、それを基準データベース(第1図のRAM32の一部)に記憶されている「黄金板」から特徴情報と同じフォーマットにする。データベース316からの特徴が欠陥検出器318で特徴抽出パイプライン312からの特徴と比較される(これは第1図の

CPU 26によって行なわれ得る)。各検出された欠陥は使用者インターフェース処理器320に報告され、検出した欠陥を使用者に知らせる。入力バッファ310からの出力信号はモニタ34(第1図)に送られて使用者によって観察されている基板の領域を表示する。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の自動プリント配線板検査機械のブロック図である。

第2図は検査しようとしているプリント配線板上の代表的な銅線の光散乱現象を説明する横断面図である。

第3図は表面照明がいかなる照明手段でも不可能である銅線の表面の一部を示す図である。

第4図は銅線対ガラス繊維基板からの反射光の強さの差を説明するヒストグラムである。

第5図は銅反射率ピークの幅と照明器の開口数の関係を示すグラフである。

第6図は本発明の準ランペルト反射光照明器の概略横断面図である。

第14図は照明器冷却システムとそれに関連したダクトの斜視図である。

第15a図および第15b図は本発明のスリット組立体および照明器の一体空気軸受の平面垂直断面図と底面図である。

第16a図および第16b図は本発明の蛍光照明器の第1実施例の平面横断面図と斜視図である。

第17a図は本発明の蛍光照明器の第2実施例の概略図である。

第17b図は反射光、蛍光両照明を行なえる照明器の概略横断面図である。

第18図はスリット組立体、照明器組立体、センサ・レンズおよび互いに組合わせた電子機器を有するセンサの機械的な取り付けを説明する斜視図である。

第19図は特定の用途のために本出願人等が選んだ多セグメントTDIセンサの概略図である。

第20図はTDIセンサの個々のセンサ・セグメントの詳細図である。

第7図は第6図の照明器の斜視図である。

第8図は照明制限用スリットがある場合とない場合の、プリント配線板が低いNA、高いNAで照射されたときの入射、反射光線の影響を説明する、プリント配線板の横断面図である。

第9図はNAについて3つの異なった条件の下で第8図の形態のスリットが存在する場合に照明されたガラス繊維基板と銅導電体のコントラストを説明する一組のヒストグラムである。

第10図はDuPont Riston 216Rフォトレジストの透過スペクトルのグラフである。

第11図は選定した光線の反射を説明する、第6図と同様の図である。

第12図は明視野、暗視野照明の真の組合わせのための、第1図の配置から変更した配置を示す図である。

第13図は第6図の照明器の横断面図であり、ランプおよびミラーを冷却し、シュリーレン現象を抑える空気流制御システムを示す図である。

第21a図～第21j図は選定した入力照明パターンに対する所望の応答性を示すことによって選定したTDIセンサの要調仕様を説明する図である。

第22図は選定したTDIセンサの最低量子効率対波長のグラフである。

第23図は本発明の多セクションTDIセンサの1つのセクションのTDI電子要素のブロック図である。

第24図は第24図のTDI電子要素の種々のブロックからの選定信号のタイミング図である。

第25図は第24図のTDI電子要素セクションの1つに対応する単一の映像処理電子要素セクションのブロック図である。

図面において、5…照明光、8…導電体、10…検査装置、14…基板、20…光学照明器、25…映像処理器、26…CPU、30…ROM、32…RAM、34…モニタ、36…XYサーボ制御器、38…位置センサ、40…データバス、202…位相絞止ループ、204…

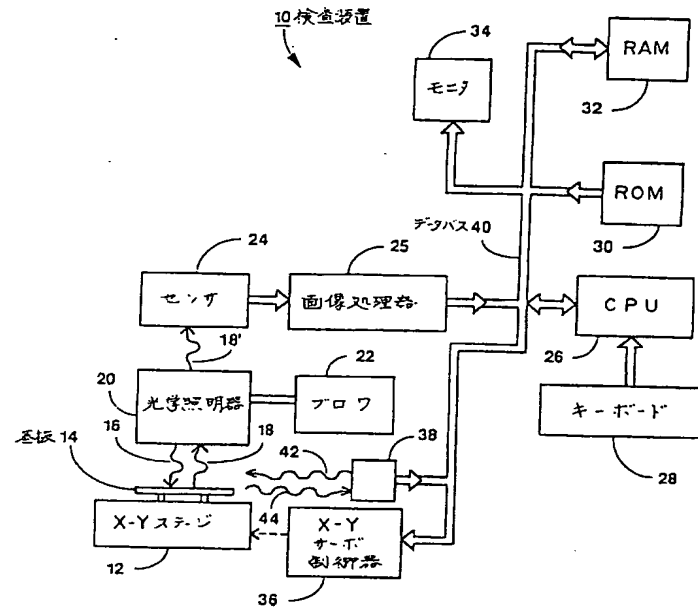
タイミング発生器、206…TDIセンサ、
 208…2倍乗算器、210、212…サンプリ
 ング・スイッチ、246、248…コンデンサ、
 214、216、220、242…バッファ、
 218、222、228…加算器、224、
 226…乗算器、230～236…DAC、
 238、240…RAM、244…フラッシュ
 A/D変換器、602…被検査領域、603…伝
 導体、901、902、903…ミラー、
 904…ビームスプリッタ、907、908、
 909…線形フィラメント式タングステン・ハロ
 ゲン・ランプ、910…スリット組立体、
 912…被検査領域、913、914、915…
 フィルタ、922…スリット、1102、
 1103…端ミラー、1503…光ファイバー
 束、1504…ミラー、1505…ミラー、
 1511…光源

代理人 弁理士 布施 行夫 (他2名)

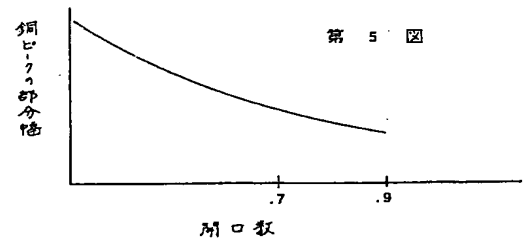
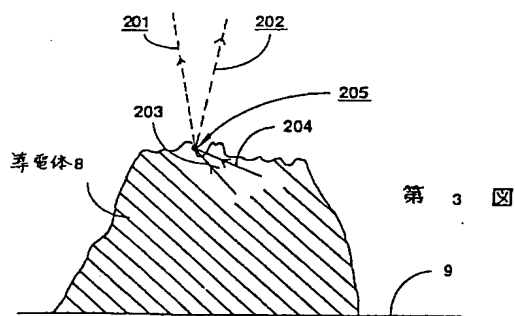
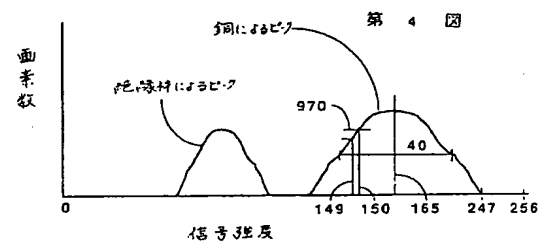
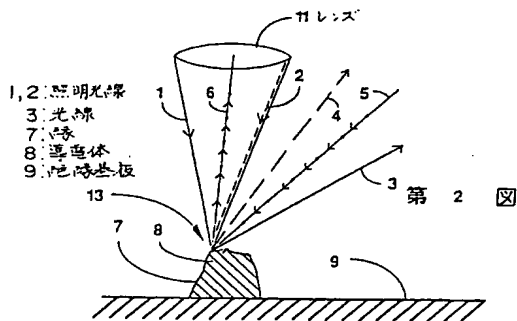
PLL用の画素サイズ/走査速度デコード
 SH=PXS2I PXS2O SPD1 SPDO

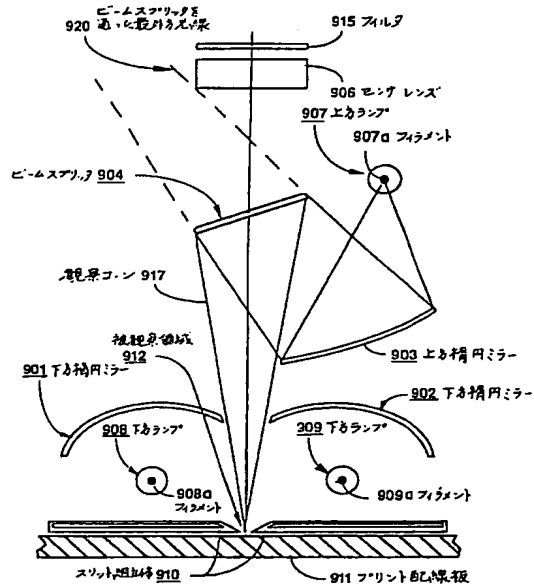
SH	画素サイズ Pixel Size	走査速度 Scan Speed	エンコーダ倍率 Encoder Multiply	フィードバック設置	出力装置	4XCK	PIXCLK	Tach Clock
0	6.5 μ m	3.05 ips	4	1760	4	6.8MHz	1.7 MHz	.5 MHz
1	6.5	6.1	2	1760	2	13.6	3.4	1.0
2	6.5	12.2	2	880	1	27.3	6.8	2.0
N/A 3	6.5	24.4	1	880	—	—	—	4.0
4	13	3.05	4	1760	8	3.4	.85	.5
5	13	6.1	2	1760	4	6.8	1.7	1.0
6	13	12.2	2	880	2	13.6	3.4	2.0
7	13	24.4	1	880	1	27.3	6.8	4.0
8	26	3.05	4	1760	16	1.7	.42	.5
9	26	6.1	2	1760	8	3.4	.85	1.0
A	26	12.2	2	880	4	6.8	1.7	2.0
B	26	24.4	1	880	2	13.6	3.4	4.0
N/AC	—	3.05	4	1760	—	—	—	.5
N/AD	—	6.1	2	1760	—	—	—	1.0
N/AE	—	12.2	2	880	—	—	—	2.0
N/AF	—	24.4	1	880	—	—	—	4.0

オI表

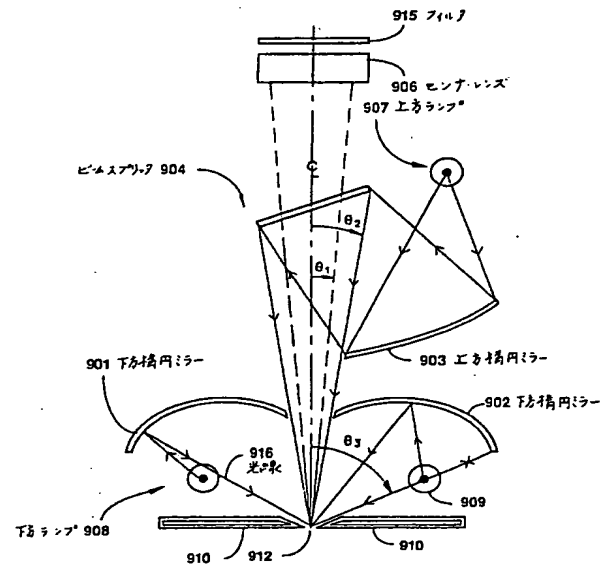


第 1 図

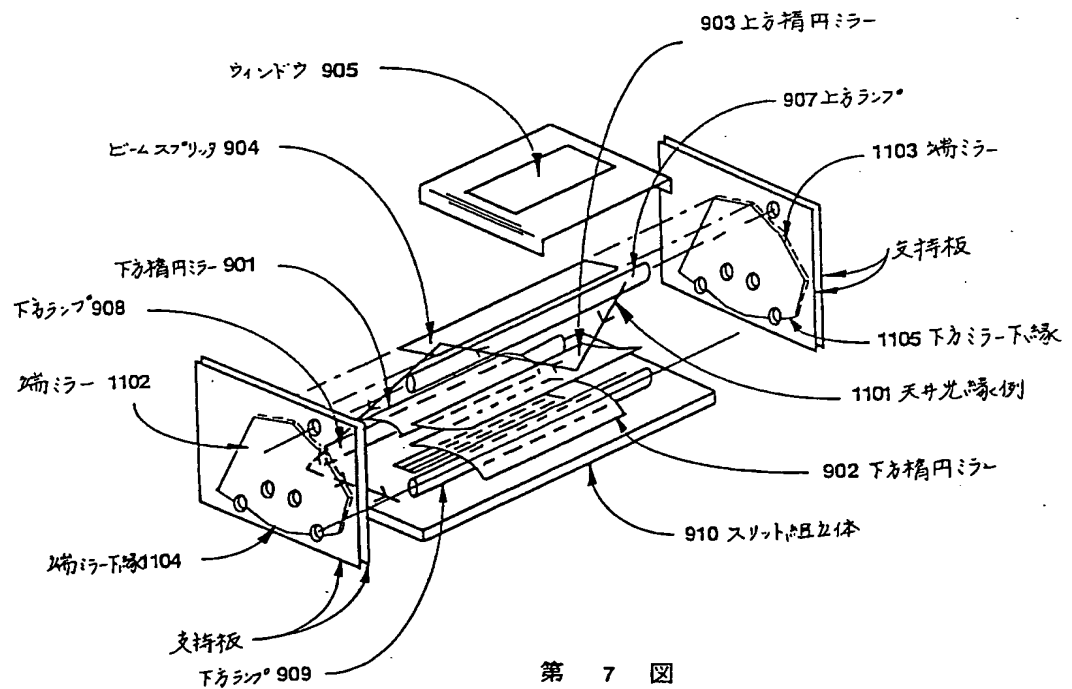




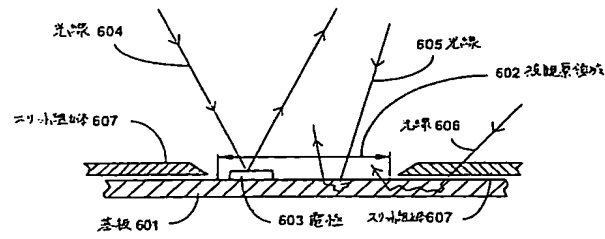
第 6 图



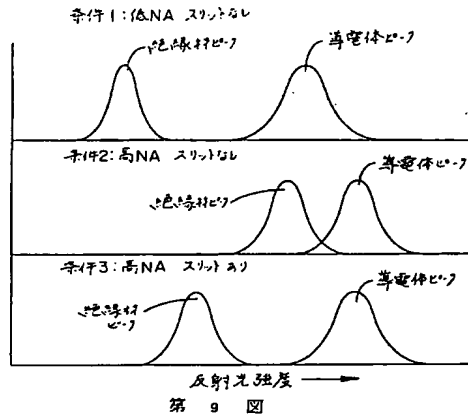
第 11 図



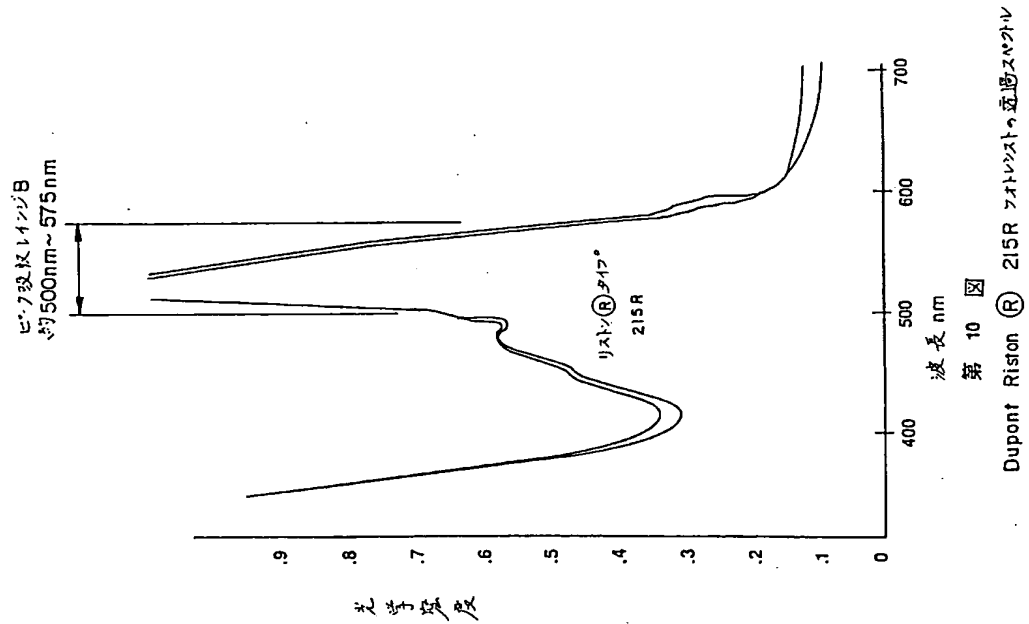
第 7 図



第 8 図

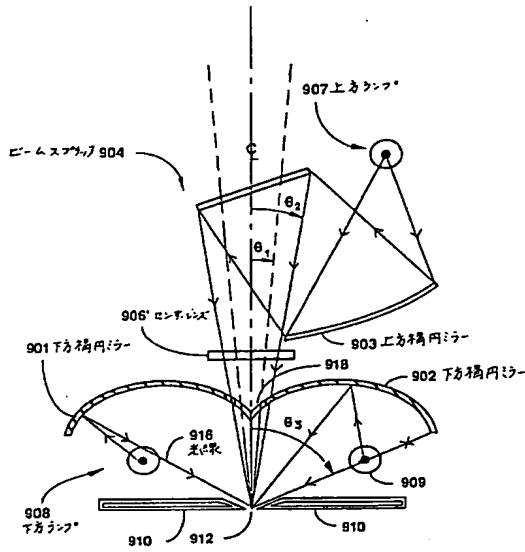


第 9 図

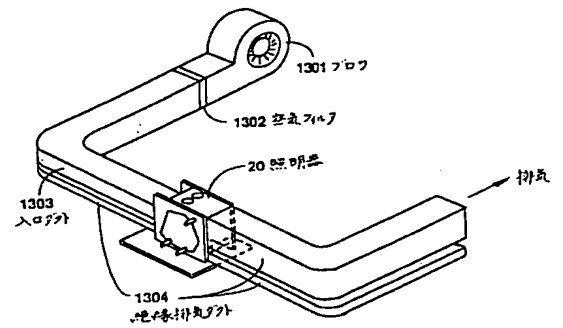


第 10 図

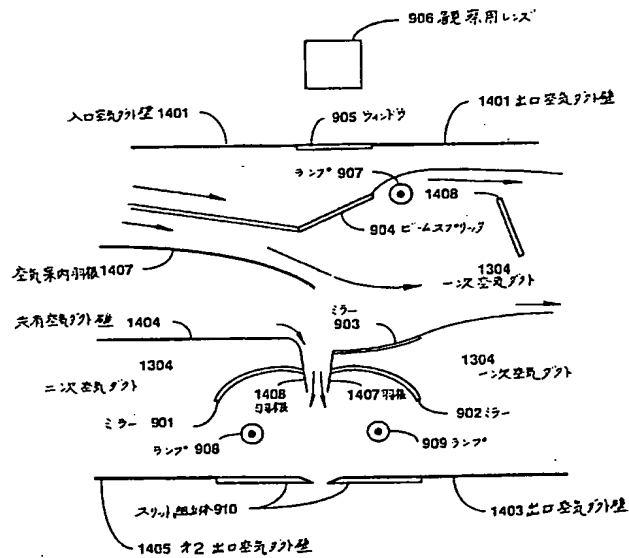
Dupont Riston® 215R フォトリソスト、透過スペクトル



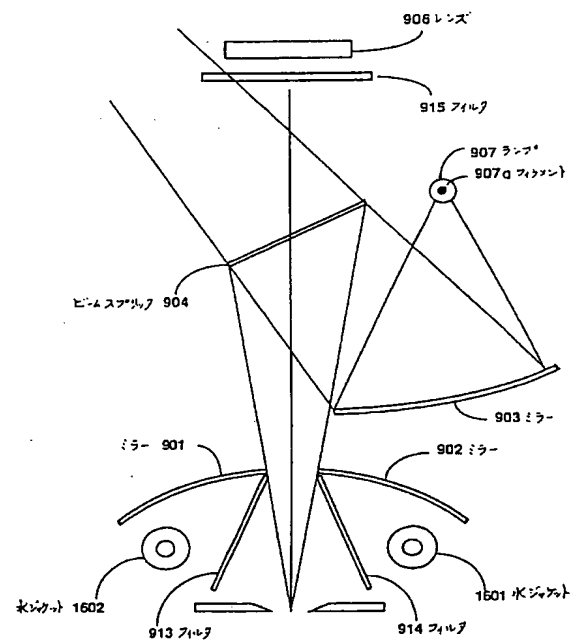
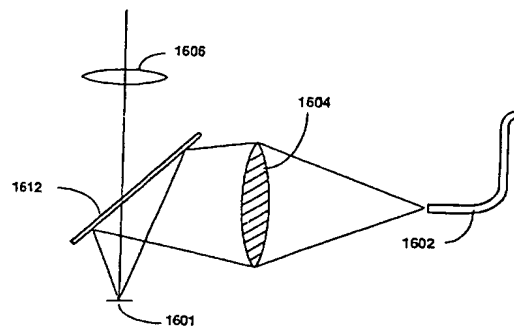
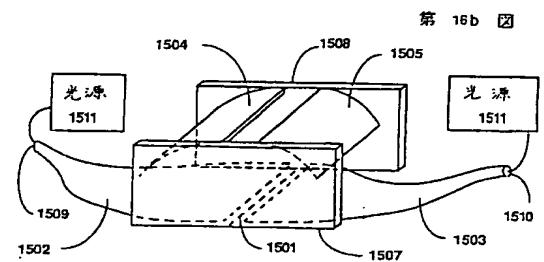
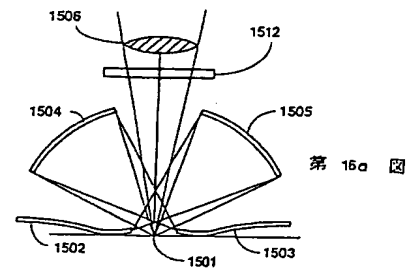
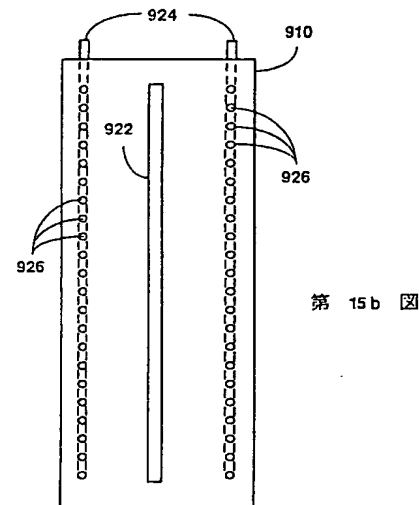
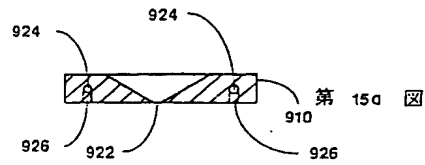
第 12 図

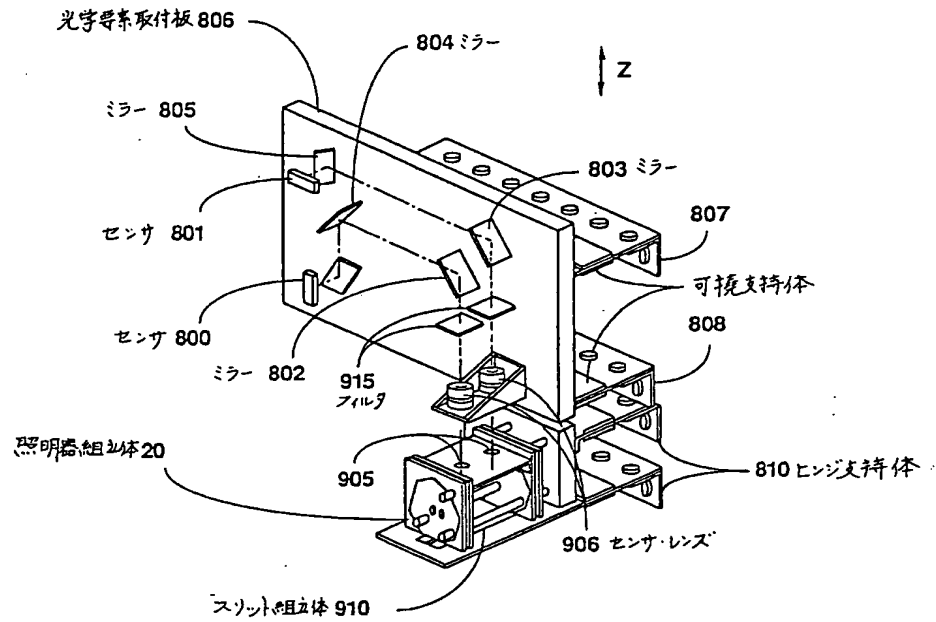


第 14 図

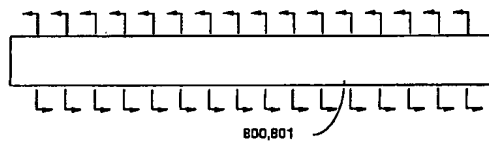


第 13 図

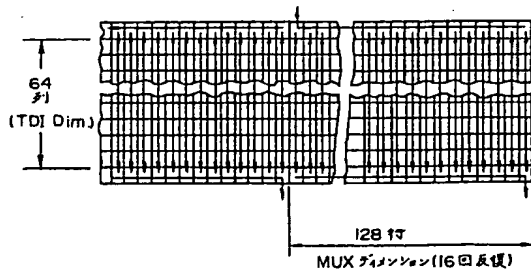




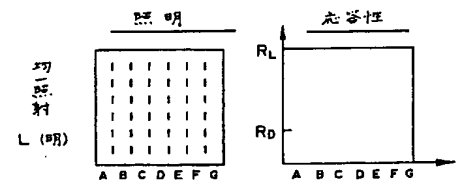
第 18 図



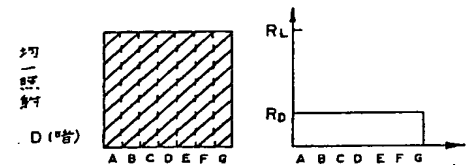
第 19 図



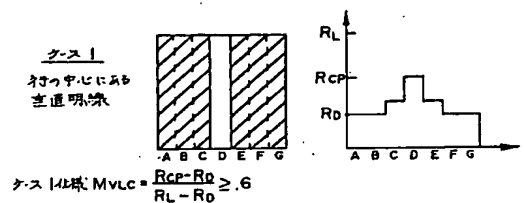
第 20 図



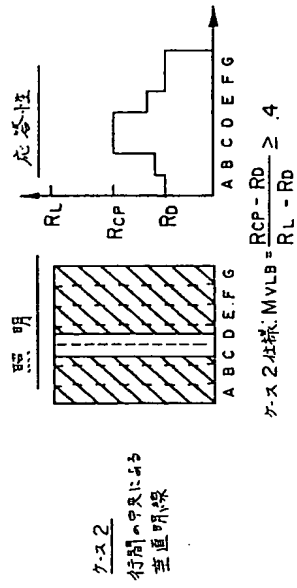
第 21a 図



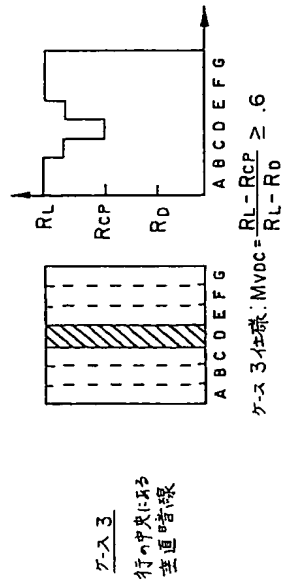
第 21b 図



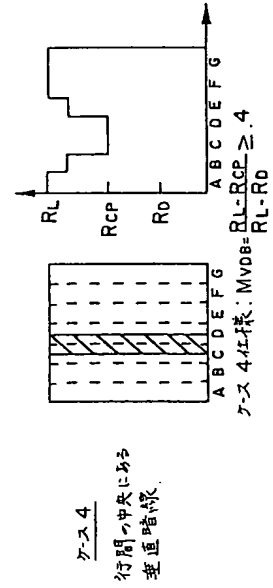
第 21c 図



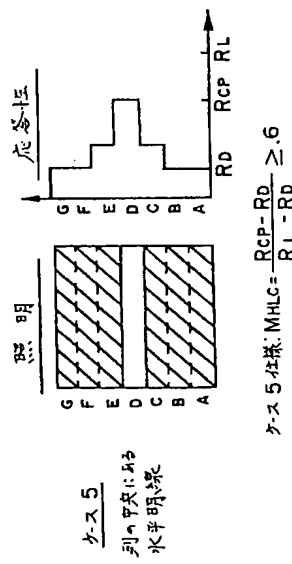
第 21d 図



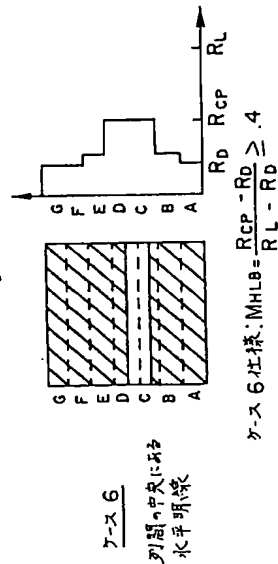
第 21e 図



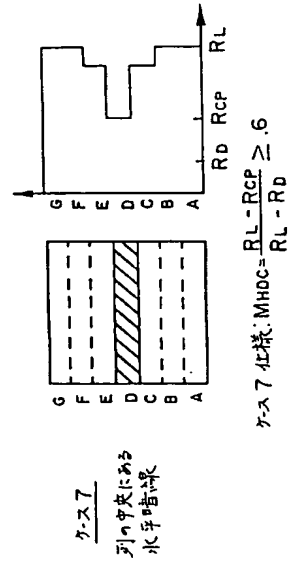
第 21f 図



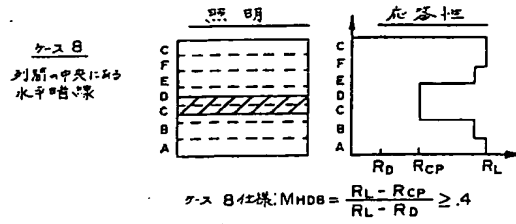
第 21g 図



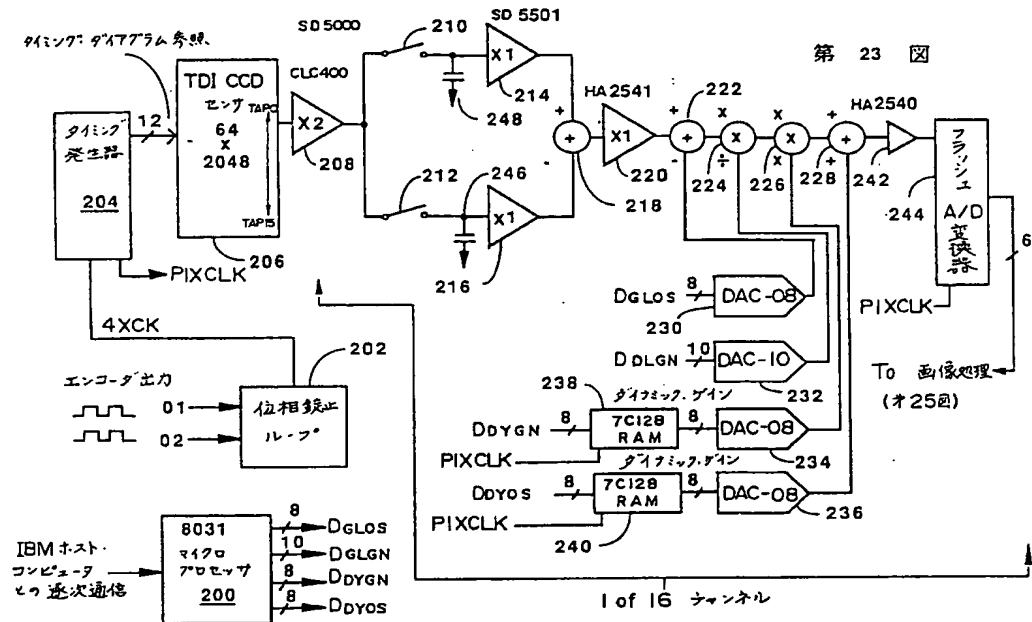
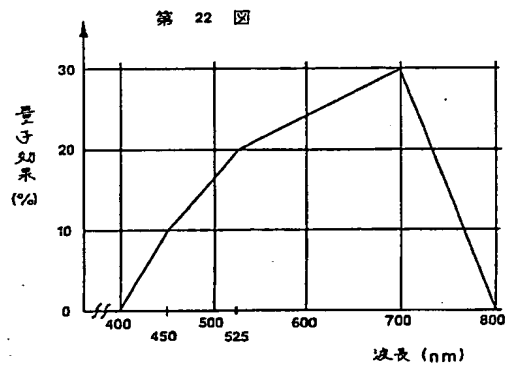
第 21h 図



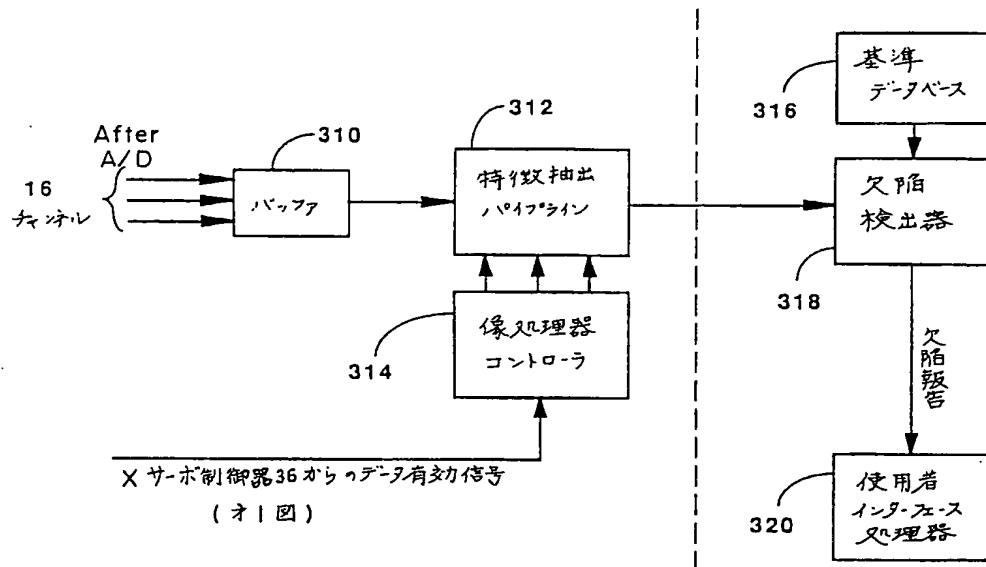
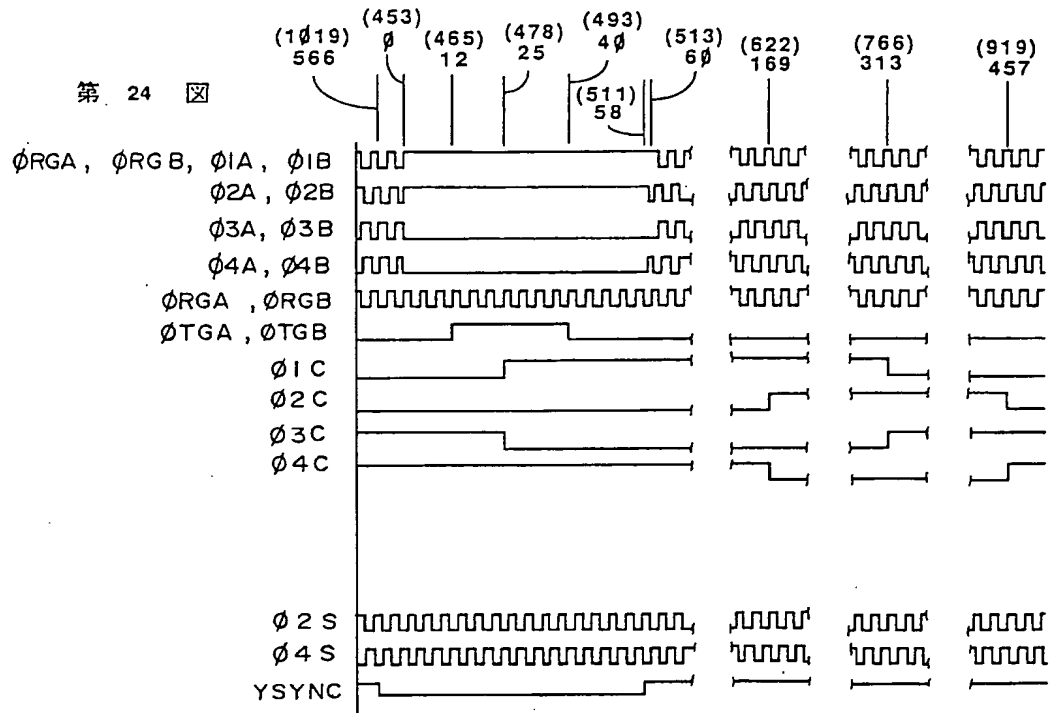
第 21i 図



第 21 図



第 24 図



第 25 図
像処理器ブロック図

第1頁の続き

⑫発明者	ジョン デイー グリ ーン	アメリカ合衆国 カリフォルニア 95062 サンタ クル ズ キンスレイ ストリート 2275-6
⑬発明者	フランシス デイー タツカー ザ サード	アメリカ合衆国 カリフォルニア 94025 メンロ パー ク ナンバー 11 オキーフ ストリート 190 イー
⑭発明者	マイケル イー フェ イン	アメリカ合衆国 カリフォルニア 94040 マウンテン ビュウ リメトリー レイン 1909
⑮発明者	ビー シー ジャン	アメリカ合衆国 カリフォルニア 94043 マウンテン ビュウ アダ アベニュー 227 エイ
⑯発明者	デイビッド ジエイ ハービー	アメリカ合衆国 カリフォルニア 95008 キャンプベル ダラス ドライブ 425
⑰発明者	ウィリアム ベル	アメリカ合衆国 カリフォルニア 95123 サン ホセ エストニア コート 685